



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

28
74

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES.
"ZARAGOZA"

**EVALUACION DE ANALISIS DE RIESGOS EN PROCESOS
PARA LA UNIDAD DE ALMACENAMIENTO DEL AREA
DE AMINAS POR LAS DEL INDICE DOW E INDICE
MOND.**

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

P r e s e n t a:

^{Josefina}
EUGENIA VILLARREAL CASTILLO

Asesor: Ing. Benjamin Rangel Granados



1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA DE
INGENIERIA QUIMICA**


OF/IQ/JU/082/025/96

**C. J. EUGENIA VILLARREAL CASTILLO
P R E S E N T E.**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado para el Examen Profesional, les comunico que la Jefatura a mi cargo ha propuesto la siguiente designación:

PRESIDENTE: ING. ALEJANDRO ROGEL RAMIREZ
VOCAL: ING. EDUARDO VAZQUEZ ZAMORA
SECRETARIO: ING. SALVADOR GALLEGOS RAMALES
SUPLENTE: ING. JOSE BENJAMIN RANGEL GRANADOS
SUPLENTE: ING. LUIS MANUEL PEREZ PEREZ

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F., 8 de Agosto 1996


ING. JOSE BENJAMIN RANGEL GRANADOS
JEFE DE LA CARRERA

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES:

Sr. Jose Luis Villarreal S. y Sra. Angela Castillo de V.
gracias por su apoyo, para lograr esta meta de mi vida

A MI ESPOSO:

Ing. Jose Refugio Ruiz V., por su gran amor,
confianza, paciencia, y comprension GRACIAS.

A MI HIJITA:

Maru, gracias por que a pesar de tu corta edad,
lograste comprender el significado de este objetivo
en mi vida, dandome tu amor y apoyo

A MIS HERMANOS:

Luis Gerardo, Miguel Angel y Gabriel,
por su estimulo y comprension

AL CENTRO DE DISTRIBUCION SAN CRISTOBAL:

Que gracias a su incalculable colaboracion, y ayuda
incondicional logre la culminacion de este trabajo,
de tesis

A MI ASESOR Y AMIGO:

Ing. J. Benjamin Rangel G., por su gran
impulso y dedicacion dentro de la jefatura
de la carrera de Ingenieria Quimica

INDICE

LISTA DE GRAFICAS	-----	ii
LISTA DE FIGURAS	-----	iii
LISTA DE TABLAS	-----	iv
RESUMEN	-----	v
CAPITULO 1 GENERALIDADES	-----	1
CAPITULO 2 ANALISIS DE RIESGOS EN PROCESOS	-----	4
CAPITULO 3 IDENTIFICACION DE RIESGOS	-----	25
CAPITULO 4 CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA APLICACION DE LAS TECNICAS DEL INDICE DOW E INDICE MOND	-----	33
CAPITULO 5 CRITERIOS DE ASIGNACION DE FACTORES PARA LA TECNICA DEL INDICE DOW E INDICE MOND Y GUIAS DE ASIGNACION	-----	40
ANALISIS DE RESULTADOS	-----	63
RECOMENDACIONES	-----	66
CONCLUSIONES	-----	68
APENDICE A METODOLOGIA INDICE DOW	-----	70
APENDICE B. METODOLOGIA INDICE MOND	-----	71
PLANO A ESCALA CON RADIOS DE AFECTACION	-----	72
BIBLIOGRAFIA	-----	73

LISTA DE GRAFICAS

Grafica	Descripcion	No. de Pagina
Graf - A-1	Factores de Riesgo por Alivio de Presion	A-28
Graf - A-2	Factores de Riesgo por Cantidad de Material Liquidos y Gases en Procesos	A-29
Graf - A-3	Factores de Riesgo por Cantidad de Material Liquidos y Gases Almacenados	A-30
Graf - A-4	Factores de Riesgo por Cantidad de Material Solidos Combustibles Almacenados - Polvos Producidos en el Proceso	A-31
Graf - A-5	Factores de Riesgo por Equipos Calentados por Fuego Directo	A-32
Graf - A-6	Factor de Daño de la Unidad	A-33
Graf - A-7	Area de Exposicion	A-34
Graf - A-8	Maximos Dias Probables Fuera de Operacion	A-35
Graf - B-1	Factor Por Alta Presion	B-85
Graf - B-2	Factor Por Cantidad (Rango hasta 10 Ton)	B-86
Graf - B-3	Factor Por Cantidad (Rango 10 a 10 ³ Ton)	B-87
Graf - B-4	Factor Por Cantidad (Rango 10 ³ a 10 ⁶ Ton)	B-88

LISTA DE FIGURAS

Figura	Descripcion	No. de Página
Fig - 1.1	Metodología de Evaluación de Riesgos	----- 7
Fig - 3.1	Consecuencias de Impactos no Descendidos	----- 25

LISTA DE TABLAS

LISTA DE TABLAS

Tabla	Descripción	No. de Página
Tabla 1-1	Eventos de Accidentes Succedidos en Plantas de Procesos Industriales	3
Tabla 2-1	Datos de Propiedades de Materiales para la Identificación de Riesgos	30
Tabla 2-2	Compuestos Químicos Potencialmente Peligrosos	31
Tabla A-1	Guía para Determinar el Factor Material	A-4
Tabla A-2	Factores para Polvos Explosivos	A-13
Tabla A-3	Factores de Riesgo para Intercambio con Aceite	A-17
Tabla A-4	Clasificación de Riesgos	A-19

RESUMEN

Esta investigación fue realizado en las instalaciones de la planta C D O de Mexico, para realizar el siguiente trabajo de tesis por seminario sobre el estudio de evaluación de daños y analisis de riesgos en tanques de almacenamiento

Este analisis se define como una serie de tecnicas sistematicas que se aplican para identificar y evaluar riesgos potenciales en un proceso y para asegurar que se especifiquen medidas para su eliminacion prevencion y control, para lo cual se aplicaron las siguientes tecnicas: Indice Dow e Indice Mond

El indice Dow es un proceso de caracterizacion del riesgo relativo en una unidad de proceso dandonos informacion significativa, que se obtiene por la combinacion de las penalizaciones y los creditos alcanzando un numero (indice), que puede usarse para proporcionar un rango a los servicios sobre una escala relativa, dicha tecnica proporciona datos de varias unidades de proceso en los servicios basados en el riesgo de la planta

La metodologia del indice Mond es semejante a la tecnica anteriormente descrita, con la salvedad de que esta tecnica, determina y jerarquiza los riesgos potenciales de las diferentes areas de la planta

Dichas tecnicas se utilizaron para la seccion de almacenamiento del area de aminas, que nos proporcionaran una escala en los servicios, basados en el riesgo, de la planta

Tambien nos describen una guia para asignar puntos de penalizacion y puntos de

credito, los primeros se asignan a situaciones potencialmente peligrosas, es decir, a condiciones o procesos que puedan contribuir a un incidente

Los puntos de credito se otorgan para elementos de seguridad que puedan mitigar los daños o peligros relativos a un accidente

Estas metodologias abarcan el campo de fuego explosion y toxicidad, que se enfocan a determinar y evaluar los riesgos potenciales de dicho campo en los materiales que se manejan en un proceso, asi como el riesgo total de esa unidad. Asi mismo nos da parametros preliminares que nos sirvan de punto de partida en nuestro analisis para que este sea mas profundo y fidedigno. La tecnica Dow da ocho puntos basicos que son: indice de fuego y explosion, radio de afectacion o de exposicion, valor del area de afectacion, factor de dano, dano maximos probables a la propiedad base y corregido y dias maximos probables fuera de operacion, de todos estos el mas importante va a ser el radio de afectacion o de exposicion, ya que nos va a proporcionar un diametro de afectacion que se tendria en caso de un accidente

La tecnica Mond nos proporciona datos como: carga de fuego, indice de toxicidad, indice de explosion, indice de explosion aerea e indice total Mond

Los lineamientos establecidos para obtener los factores e indices finales, estan basados en la experiencia adquirida por los estudios de accidentes y por las companias de seguros

Todos estos valores deben de quedar dentro de los limites de propiedad establecida, ya como una norma por la Secretaria de Desarrollo Social

Capítulo 1: GENERALIDADES

1.- GENERALIDADES

Las plantas químicas tienen una gran variedad de riesgos, los más usuales existentes en las empresas son de diferentes magnitudes y características. Los riesgos mecánicos son los que causan lesiones de trabajo desde tropiezos, caídas y/o golpes con el equipo, los químicos incluyen riesgos por fuego y explosión, riesgos por reactivada y riesgos por toxicidad.

Todas las industrias que están localizadas dentro de una ciudad deberán contar con altos niveles de seguridad, sin embargo siempre existe un riesgo potencial inherente para que suceda un accidente o una catástrofe. En cada una de ellas deben existir programas efectivos de seguridad que incluyan elementos básicos como son conocimiento, experiencia, técnicas adecuadas, programas administrativos y comités coordinadores. Los participantes deben tener un completo conocimiento de las técnicas de seguridad a seguir, estas pueden ser adquiridas mediante cursos o por estudios independientes.

También se debe tener un panorama fundamental de las leyes de la naturaleza, las propiedades químicas de los productos peligrosos y cómo estas leyes pueden ser aplicadas al área de seguridad. Los participantes deben tener experiencia en los procesos y

procedimientos usados para la prevención de accidentes, y la existencia de técnicas competentes que incluyan habilidades propias para tomar decisiones en la evaluación de técnicas de seguridad. Finalmente el programa de seguridad debe de estar soportado por el comité director de la compañía y a su vez que haga partícipes a todos los empleados y trabajadores.

Para cumplir con todos estos parámetros mencionados es necesario aplicar técnicas de ARP para prevenir los constantes accidentes ocurridos de diferentes magnitudes que han dejado tras de sí una gran cantidad de pérdidas humanas y materiales incalculables. Algunos ejemplos se muestran en la tabla 1.1. Como podemos observar en México han ocurrido accidentes de gran envergadura, tales como el de San Juan Ixhuatepec y en tiempo reciente el de Guadalajara; además, se han registrado desastres desde hace tiempo, con una frecuencia que resulta alarmante. De acuerdo a ello en México ocurren accidentes mayores cada cuatro años con respecto a otras partes del mundo, y con otros criterios de seguridad se estima que solo podían ocurrir, probablemente cada millón de años.

AÑO	LOCALIZACION	TIPO DE PROCESO	MATERIAL LIBERADO	FUERZAS SIFONICAS (TON)	FUERZAS LIBERADAS (TON) / MUERTES	DATOS RESPONDELES
1954	VIRGINIA DEL OESTE E.U.		ACROLEINA	5.4	0	6000 GAL. DE ACROLEINA EXPLOSIONA SE DISPERSO EN UNA NUBE DE VAPOR CUANDO UN COTUVO UNA FALLA. LA ACROLEINA SE CONTAMINO CAUSANDO POLIMERIZACION Y TAPANDO EL VENTIL DEL MISMO.
1962	KENTUCKY E.U.	ETILAMINA	OXIDO DE ETILENO	16.6	179	UN TANQUE CONTIENIENDO 6500 GAL. DE OXIDO DE ETILENO SE CONTAMINO CON AMONIACO EL TANQUE TUVO UNA FALLA Y EL OXIDO SE DISPERSO EN EL AIRE. LA NUBE SE IGNICIONO INMEDIATAMENTE CREANDO UNA FUERZA EXPLOSIONA DE 18 TONS. DE TNT.
1970	N. JERSEY E.U.	REFINERIA DE H-OIL	HIDROCARBUROS MAYORES C10-H12	48	0/4	FALLA DE UN REACTOR OPERANDO A 2500 PSIG DEBIDO AL SOBRECARGA LENTAMIENTO CAUSADO POR UNA NUBE DE APROX 250,000 LB. LA CUAL SE IGNICIONO CREANDO DAÑOS DE EXPLOSION Y FUEGO. CON UNA FUERZA EXPLOSIONA DE 50 TONS. DE TNT.

1974	FLIXBROUGH, INGLATERRA	PRODUCCION DE CA-PRO-LACTANA	CICLOHEXANONA	230	36/28	EL PROCESO DONDE SE LLEVA A CABO LA PRODUCCION DE CA-PRO-LACTAMA CONSISTIA EN 6 REACTORES EN SERIE SE COMENZO A OPERAR CON UNICAMENTE 5, Y AL PASO DEL TIEMPO SE PRESENTO FLUGA POR EL BY PASS, 30 TONS DE CICLOHEXANO SE VOLATILIZARON Y SE IGNICIONO LA SUBE A LOS 30 SEGUNDOS
1976	SEVESO, ITALIA	HEXACICLO-ROFENO	TRICLORO-FENOL			EL REACTOR DE TRICLORO-FENOL SE SALIO DE CONTROL DE LAS CONDICIONES NORMALES DE OPERACION LA TEMPERATURA SE ELEVO A TAL GRADO QUE INCREMENTO LA PRODUCCION DE TCDD ESTE PRODUCTO SE DESFEGO Y CREO UNA NUBE BLANCA QUE CUBRIO TODA LA CD DE SEVESO
1984	BHOPAL, INDIA	PESTICIDAS	METIL ISOCIANATO		2000/20000	SE FLUGARON 25 TON DE MIC VAPOR FORMANDO UNA NUBE EXPLOSIVA QUE EXPLOTO AL ENCONTRAR UN PUNTO DE IGNICION
1984	SJ INHUA-TEPEC, MEXICO	GAS BUTANO				
1994	GUADALAJARA, MEXICO	GASO-LINA				
1996	SJ INHUA-TEPEC, MEXICO	GASO-LINA				

TABLA 11 EVENTOS DE ACCIDENTES SUCEDIDOS EN PLANTAS DE PROCESOS INDUSTRIALES

Con base a lo anterior, la industria química en conjunto con instituciones gubernamentales, han dirigido sus esfuerzos para aplicar métodos sistematizados para eliminar o reducir los riesgos en las plantas y además la sociedad en general, reclama a la industria una mayor seguridad para sus miembros, propiedades y medio ambiente

Los elementos que dan origen a los riesgos presentes en una operación industrial, en términos generales, son los siguientes

- ◆ Materias Primas
- ◆ Procesos
- ◆ Productos Terminados
- ◆ Recursos Humanos
- ◆ Medio Ambiente

Estos elementos, a través de la tecnología utilizada da por resultado la existencia de riesgos reales y potenciales. Su magnitud depende de las características particulares de los elementos mencionados, el diagnóstico de seguridad de una planta de proceso involucra responder una serie de preguntas

- a. Existen Riesgos Reales y Potenciales ?, Si es así,
- b. Cuales Son ?
- c. De Que Magnitud Son ?
- d. Son Aceptables ?, Si No es así
- e. Como se Pueden Eliminar o Reducir ?

Las respuestas a estas exigencias pueden obtenerse a través del análisis de riesgos, motivo que ocupa al presente trabajo. Para evaluar los riesgos potenciales en una situación específica se pueden usar dos tipos de planteamientos conceptuales, el que predice

(prospectivo) y el historico (retrospectivo) estos dos planteamientos siempre se usan de manera complementaria

De acuerdo con lo anterior, se han estructurado dos técnicas con su respectiva guía o metodología que proporcionan un marco sistemático para la identificación y evaluación de riesgos potenciales asociados con el sistema y proceso bajo la premisa del manejo de seguridad en el proceso. Dichas técnicas y metodología están dentro del análisis de riesgos, por ello la aplicación de estas dos técnicas caracterizadas como escalas relativas de riesgo que se han integrado en el presente trabajo bajo el título de evaluación de análisis de riesgos en procesos para la unidad de almacenamiento del área de aminas en la planta C D O de Mexico

El término análisis de riesgos es un estudio más detallado, de acuerdo a ello este estudio se utiliza para estimar los riesgos económicos, materiales y humanos que tienen como consecuencia los daños por fuego y explosión en la planta y que finalmente elabora un balance de acuerdo a los resultados obtenidos para alcanzar un nivel aceptable de riesgo o dicho de otra manera un nivel aceptable de seguridad

Aun cuando no existen evidencias precisas, la aparición de las primeras metodologías para un análisis de riesgos en operaciones industriales tienen su origen entre 1910 y 1920, estas han sido producto de la experiencia adquirida a través de los accidentes ocurridos. Sus principios se han seguido conservando a través de estas metodologías y establecen las medidas correctivas y preventivas, las cuales son aplicadas para modificar instalaciones existentes o en el diseño de unidades productivas similares con el fin de evitar la reincidencia de los eventos, los resultados de estos análisis, aun cuando son de gran

utilidad, no proporcionan todas las respuestas requeridas para contar con operaciones de un grado de confiabilidad aceptable, las limitaciones propias de la metodología y las enseñanzas producto de ella, dio como resultado la generación de códigos y estándares en donde se establecen parámetros generalmente aceptados para riesgos conocidos

El desarrollo formal de sistemas de análisis de riesgos se inició en la industria aeroespacial como respuesta natural a la magnitud de las consecuencias de ocurrir una falla, tal como, el mal funcionamiento de un misil complejo o sistemas de aeronaves que pudieran resultar en pérdidas de vidas humanas y costos de millones de dólares, era imperativo detectar fallas potenciales a priori, la industria nuclear y electrónica implantaron rápidamente lo desarrollado en la industria aeroespacial

De acuerdo con lo anteriormente expuesto se aplicó y estructuró este trabajo, con base en las partes que constituyen un análisis de riesgos, lo cual se menciona a continuación la figura 1.1

MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

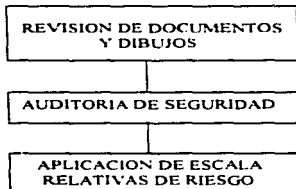


Fig. 1.1.- Metodología de Evaluación de Riesgos

De acuerdo con la figura 1.1 la primera fase del analisis de riesgos es la identificación de los tipos de daños que comunmente existen en la planta basado en las propiedades físicas y químicas de los materiales que son manejados, así como las condiciones del proceso; con base en ello se analizarán las técnicas del Índice DOW y la del Índice MOND para determinar los riesgos por fuego, explosión y toxicidad

Una vez efectuado lo anterior se analizan las áreas de almacenamiento para determinar las fuentes potenciales de liberación de materiales de proceso o fluidos de trabajo en combinación con la información específica de la planta, posterior a esto se procede a fijar las zonas de daño que produzcan los casos de falla. Posteriormente se prosigue a la evaluación de las metodologías de análisis de riesgos por las técnicas de Índice DOW e Índice MOND

Finalmente, los indicadores de riesgos obtenidos, auxilian en la toma de decisiones para evaluar la efectividad de una medida de reducción de riesgo tales como

- **Sistemas Adicionales de Detección y Protección de Daños**
- **Incremento de las Distancias de Separación de Equipos**
- **Incremento de Zonas Lejanas de Grandes Poblaciones**

Capítulo 2: ANALISIS DE RIESGOS EN PROCESOS

ANALISIS DE RIESGOS EN PROCESO

2.1 Introducción

El potencial de daño que se asocia con los servicios en esta planta industrial es función de los materiales que se almacenan, así como sus sistemas de almacenamiento, procedimientos usados para la operación y mantenimiento de los servicios, además de la detección de daños y sistemas de mitigación con que cuenta esta planta

Los riesgos asociados en esta planta van a estar en función de las características físicas y químicas de los materiales y de las condiciones de almacenamiento

Existen varias metodologías para identificar riesgos en las planta entre ellas existe la OSHA como la 29 CFR parte 1910 119, otra es "Process safety management of highly hazardous chemicals", describe tales metodología, además la American Petroleum Institute en su práctica 750 y AIChE's Center for Chemical Process Safety (CCPS) Todas estas técnicas sugieren un soporte a nivel de compañía como un conjunto de elementos que con su experiencia y conocimientos, garantizan un trabajo integral, el estudio puede ser ocasionalmente desarrollado por una sola persona, dependiendo de las necesidades específicas del análisis, la técnica seleccionada y/o recursos disponibles, este trabajo cayó en esta categoría, aplicando como necesidad específica que el análisis se realiza en este

centro como tesista, aplicacion de solo dos tecnicas Indice Dow e Indice Mond y los recursos fueron ilimitados para lograr un buen estudio

2.2.- Definición

El estudio de Analisis de Riesgos es un conjunto de principios fundamentados en ciencias tan complejas como son la termodinamica quimica, clasica , la medicina , economia, probabilidad y estadistica y muchas mas, que se combinan para obtener un resultado y así formar un conjunto de criterios y consideraciones, que se aplican para asegurar que se tomen medidas de prevencion, eliminacion y control de riesgos

Las tecnicas que integran un estudio de ARP son

- ¿ Que pasa si ?
- Estudios de riesgos y operacion (hazop) o analisis de falla y efecto
- Arbol de falias y efecto
- Arbol de eventos
- Analisis de paro y arranque
- Analisis de error humano
- Indice Dow de fuego y explosion
- Indice Mond de fuego explosion y toxicidad
- Guia de calculo de nubes explosivas
- Guia de calculo de riesgo por fuego
- Guia de calculo de riesgo por bleve
- Modelos de dispersion de nubes toxicas
- Modelos de fugas, derrames y emisiones en el medio ambiente

Haciendo uso de las tecnicas del Indice Dow e Indice Mond se podran identificar y analizar diversos aspectos de riesgo, se evaluara su magnitud y guiara al grupo de analisis

a encontrar sistemáticamente las medidas preventivas o contingentes que eliminen, minimicen, prevengan y controlen el riesgo

Estas metodologías han sido adoptadas y estudiadas en esta compañía de la cual este centro forma parte, haciendo así resaltar que dentro de sus políticas esta el de reconocer que el análisis de riesgos en procesos es y debe ser considerado como un concepto primario en la seguridad del proceso, para protección de su personal

2.3.- Cuando aplicar Análisis de Riesgos en Procesos

Siempre que se presente una preocupación a nivel de seguridad en una unidad de proceso se justifica la aplicación del ARP, que en este caso a mi criterio el área de aminoras es un punto de interés. Sin embargo, todas las veces que se presente cualquiera de las siguientes condiciones, debe aplicarse:

- En el diseño de una nueva unidad de proceso
- Como resultado de la investigación de un incidente de pérdida (accidente, incendio etc)
- En modificaciones a las unidades de proceso, equipos, condiciones de operación, instrumentación de control dispositivos de seguridad, la capacidad de la planta, etc
- Cuando a transcurrido un periodo determinado de tiempo desde la aplicación del último ARP en una unidad (máximo 5 años)

2.4.- Campos de análisis de riesgos en procesos.

El análisis de seguridad en procesos divide los riesgos en diversos campos, cada uno de los cuales se concentra en el estudio de riesgos específicos de una función física u operacional del proceso

De esta forma se logra completar el análisis de riesgos sin duplicación de esfuerzos y de una manera más clara, completa y comprensible

El sistema ARP consta de los siguientes siete campos

- a) Riesgos y Operabilidad
- b) Sistemas de Protección de Proceso
- c) Efectos de Paro y Arranque
- d) Error Humano
- e) Fuego, Explosión Y Toxicidad
- f) Nubes Explosivas
- g) Dispersión de Contaminantes en el Medio

a) Riesgos y operabilidad

Este campo consiste en hacer un examen crítico de un proceso y de las probabilidades de ocurrencia de un riesgo por falla de operación, por falla de funcionamiento de partes individuales de equipo, o por fallas humanas, revisando los efectos consecuentes de este riesgo en la unidad, considerando esta, como un todo

Para nuestros propósitos, esto significa la detección de riesgos de operación, los cuales deben ser prevenidos y controlados para hacer una planta segura y confiable.

Este campo investiga la ingeniería química del proceso con la intrincada relación y dependencia que existe con las diversas partes del equipo, su instrumentación y operador. Simultáneamente, este campo evalúa los mecanismos automáticos y pasivos de control y protección instalados en el proceso.

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

Las técnicas que se aplican en este campo son:

- Estudios de riesgo y operabilidad (hazop) o análisis de falla y efecto
- Arbol de fallas
- Arbol de eventos
- Error humano

b) Sistemas de protección a procesos

El sistema de paro de emergencia de un proceso es el último mecanismo por medio del cual puede controlarse un evento no deseado. Conceptualmente es aceptado que hay un balance óptimo entre aquellos sistemas que se activan automáticamente y los que el operador es capaz de manejar durante una situación anormal del proceso. Es por esto que debe hacerse periódicamente una evaluación de estos sistemas para asegurar que estos parámetros no han cambiado el balance, comprometiendo la seguridad de la unidad. El propósito del campo de Sistemas de protección a procesos es el de revisar aquellas circunstancias conocidas en el proceso que requieren de acción de emergencia, ya sea por protecciones automáticas o por procedimientos, para controlar sus efectos, y por otro lado, descubrir aquellas circunstancias prácticas simples o múltiples, para las cuales no se han previsto medidas de emergencia, o para las que los sistemas y procedimientos existentes son insuficientes.

Este campo se estudia por medio de las siguientes técnicas

- ¿ Que pasa si ?
- Estudios de riesgo y operabilidad
- Arbol de fallas

c) Efectos de paro y arranque

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

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

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

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

Para estudiar este campo se utiliza la técnica

- Análisis de paro y arranque
- ¿ qué pasa si ?

d) Efectos por error humano

Este campo efectua una evaluacion sistematica de los factores que influyen en el desempeño del personal de operacion, mantenimiento, tecnico y algun otro de planta, involucrado directamente en la operacion del proceso. Es un metodo que involucra el analisis detallado, y describe las caracteristicas físicas y ambientales de una actividad a traves de habilidades, conocimientos y capacidades requeridas de aquellos que ejecutan las acciones. El analisis del error humano es identificar el error como situaciones que pueden causar o conducir a un accidente y sus efectos.

- Error humano
- Analisis de falla y efecto

e) Fuego explosión y toxicidad

Como su titulo lo indica, el campo de este analisis se enfoca a determinar y evaluar los riesgos potenciales de incendio, explosion y toxicidad de los materiales que se manejan en un proceso, asi como el riesgo total operacional de esa unidad de proceso.

Este campo puede ser evaluado por medio de las tecnicas

- Indice Dow de fuego y explosion
- Indice Mond de fuego, explosion y toxicidad
- Guia de calculo de riesgo de fuego (phast, process hazard Analysis software tools)
- Guia de calculo de riesgo por bleve (phast, process hazard analysis software tools)

f) Nubes explosivas

Este campo, enfoca el estudio de la posibilidad de formación de nubes explosivas, el cálculo de su potencia, y magnitud, y la estimación de los daños probables

La importancia de una nube explosiva ha sido impulsada por las explosiones y desastres que han ocurrido año tras año por esta causa en la industria química y petroquímica en todo el mundo

Según información de las compañías de seguros internacionales, un gran número de fugas masivas registradas han originado formación de nube explosiva, resultando un 64% en explosiones de gran magnitud, entre las que se encuentra la explosión de Flixborough, Inglaterra . San Juanico, Mexico el 25% produjo incendios considerables y solo un pequeño porcentaje no provoca incidentes de importancia

El método aplicado para estudiar este campo es

- ◆ Guía de cálculo de nubes explosivas

g) Dispersión de contaminantes en el medio

Estas técnicas evalúan la dispersión de contaminantes en el medio ambiente originada por la formación de una nube tóxica causada por derrames, fugas y/o desviaciones en el

Estas técnicas evalúan la dispersión de contaminantes en el medio ambiente originada por la formación de una nube tóxica causada por derrames, fugas y/o desviaciones en el proceso haciendo énfasis especial en la determinación de las concentraciones esperadas en sitios en donde existen posibles receptores

Los métodos aplicados para estudiar este campo son

- Modelos de dispersión de nubes tóxicas (spills / phast)
- Modelo streeter & pheps)

2.5.- Organización del sistema ARP

Conceptualmente, un sistema ARP propone establecer una estructura de trabajo integrada por personal de diferentes jerarquías y así manejar más adecuadamente, las responsabilidades que implica este estudio.

El sistema de ARP considera necesario algún tipo de estructura formal en cadena para que el programa funcione efectivamente, sin embargo existe la opción de que cada grupo de trabajo desarrolle su propio organigrama. Este sistema establece manejar tres estructuras básicas

2.6.- Comité director

Este comité está integrado por los miembros de más alto nivel de la planta siendo este:

- Gerente de la planta
- Depto. de producción
- Depto. de ingeniería
- Depto. de seguridad

Este comité representa la máxima autoridad de la planta, y tiene como responsabilidades

- Establecer la implantación del sistema ARP
- Vigilar la aplicación oportuna del ARP
- Determinar la aplicación de las prioridades de aplicación de ARP a las diversas unidades de proceso
- Establecer las frecuencias de análisis
- Designar a los integrantes del comité de seguridad de proceso y a su coordinador general
- Dar seguimiento al progreso del programa de aplicación ARP para asegurar que se efectúa completo, oportuno y a un costo efectivo
- Aprobar el programa de cumplimiento de recomendaciones y resultados de los análisis y así asegurar que esta se lleve a cabo en un tiempo aceptable

2.7.- Comité de seguridad del proceso

Este comité está integrado generalmente por los siguientes miembros, formando un comité distinto para cada sección organizacional de la planta

- Gerente de producción de área
- Ingeniero de proceso
- Jefes de departamento del área
- Ingeniero de mantenimiento
- Representante del departamento de seguridad
- Un coordinador general (si no lo es uno de los anteriores)

Este comite reporta al comite director de ARP y lo mantiene informado en los avances de las diversas actividades de ARP, sus funciones son

- Designar a los grupos de ARP y a sus coordinadores, para la aplicacion de las tecnicas ARP a las unidades del area
- Proporcionar representacion y direccion a los grupos ARP, asegurando que sus integrantes entiendan claramente el porque de la necesidad de los analisis, que limites puede tener y que tecnicas deben ser aplicadas a cada parte del proceso, dependiendo de los campos de analisis que deben ser estudiados
- Asistir a los grupos de ARP consiguiendo soporte de especialistas en distintas disciplinas
- Establecer el programa de aplicacion ARP Designando procesos o unidades prontanas a analizar
- Aprobacion y priorizacion de recomendaciones y resultados
- Aprobar el alcance de los ARP S programados

2.8.- Grupo de trabajo ARP

Estos comites de ejecucion de los analisis de riesgos estan integrados cada uno, por dos o tres miembros (en raras ocasiones por mas personas), conocedoras de cada una de las areas que se estudian, y estan integrados por

- Ingeniero de produccion
- Ingeniero de mantenimiento
- Operador especializado (si es requerido) uno o varios especialistas en diversas disciplinas para soporte y asesoria

Generalmente uno de los dos primeros miembros mencionados es el coordinador del grupo de ARP, este grupo reporta al Comite de seguridad del proceso, lo mantiene informado de

los avances de los analisis realizados y le solicita cuando sea necesario ayuda consistente en fuerza de trabajo, personal especialista, entrenamiento en las tecnicas de ARP y asesoria del exterior

Sus funciones son

- Aplicar las tecnicas de ARP a las unidades de proceso determinadas en el programa
- Recomendar las acciones correctivas necesarias derivadas de la deteccion de riesgos potenciales
- Registrar adecuadamente los resultados y recomendaciones de sus analisis
- Ver que los registros de sus resultados se distribuyan oportunamente al Comité de Seguridad de Proceso y al Comité Director de ARP

2.9.- Organizaciones especiales de ARP

Es comun que durante las etapas de diseño de un proyecto de construccion de una nueva unidad de proceso o de una expansion importante, las organizaciones de proyectos mayores con el grupo de seguridad de la planta, tome un papel del grupo de ARP, en este caso no es necesaria la formacion de un comite de seguridad del proceso, sino que los grupos de ARP reportan directamente al grupo de mayor jerarquia del proyecto, el cual toma el papel del Comité Director de ARP, este comite trabajara en contacto con el gerente de la planta, departamento de seguridad, ingeniera y operacion quienes puedan ser un soporte efectivo para la aplicacion de los analisis y la implantacion de sus resultados

2.10.- Requisitos para operación ARP

Los estudios de Analisis de riesgos exitosos, nunca se dan solos, el producto es el esfuerzo concertado a traves de una organizacion y de la adecuada preparacion y cumplimiento de requisitos

Los requisitos que a continuacion se mencionan son los minimos requeridos que deben llevarse en cada sitio para efectividad del programa de Analisis de Riesgos en Procesos

1 - Contar con una estructura ARP

- a) Comité Director de Seguridad y Seguridad de Procesos
- b) Comité de seguridad de Procesos
- c) Grupos de Trabajo

2 - Programa anual de aplicacion

- a) Listado de procesos prioritarios
- b) Alcance: Limites de batena, Tecnicas a aplicar, Grupo de trabajo
- c) Fecha de inicio y de terminacion probable, considerando el tiempo para recopilar informacion (planos, procedimientos, etc)

- d) **Informar al Comité Director de Seguridad y Seg de Procesos en avances y resultados**

3 - Programa de cumplimiento de recomendaciones

- a) **Listado de recomendaciones pendientes y en proceso (priorizadas)**
- b) **Incluir las recomendaciones nuevas validadas y priorizadas**
- c) **Reporte de avance al comité Director de Seg y Seg de Procesos**

4 - Programa de reuniones del comité técnico

- a) **Reunion bimestral como mínimo**
- b) **Asegurar la asistencia**
- c) **Documentar el criterio de validacion de estudios y recomendaciones**

5 - Aplicaciones y recomendaciones

- a) **Utilizar las guías o formatos adecuados para cada técnica.**
- b) **Documentar todos los estudios, recomendaciones, criterios utilizados en los analisis e informacion soporte utilizada**

6 - Reportes y registros

a) Bimensual al Comité Director de Seguridad y Seg de Proceso

b) Al terminar un ARP: al comité técnico para validar la aplicación y para validar y priorizar las recomendaciones, posteriormente distribuirlo a los involucrados

7.- Capacitación

a) Capacitación del personal requerido para reforzar los grupos de trabajo o a un grupo de asesores

b) Difusión al personal involucrado con la operación de la unidad de proceso analizada

c) Retroalimentación a grupos de trabajo sobre resultados obtenidos y recomendaciones aprobadas

Capítulo 3: IDENTIFICACION DE RIESGOS

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Los riesgos asociados en las planta industriales están en funcion de las características físicas y químicas de los materiales, de las condiciones del proceso, de los sistemas para operar, del mantenimiento de las unidades y de los sistemas de detección y mitigación de riesgos con que se cuenta

Las consecuencias no deseables pueden ser clasificadas como de impacto humano, ambiental y economico, y dentro de estas clases generales hav categorías específicas de consecuencias como se ilustra en la figura siguiente

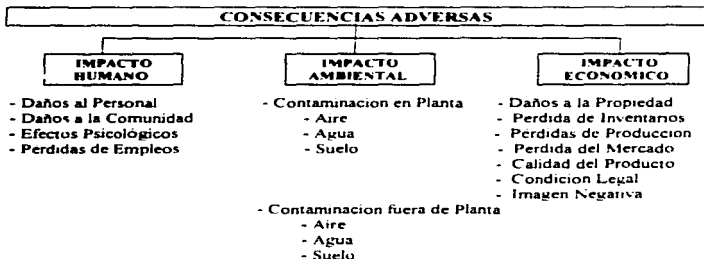


fig. 3 1 Consecuencias de Impactos no Deseables

Cada una de estas categorías pueden ser subdivididas por el tipo de daño resultante, (ejemplo exposiciones tóxicas, térmicas, sobrepresión, radiaciones, etc) Así, entre más preciso se defina la consecuencia de interés, más fácilmente se identificará el riesgo. Por ejemplo puede haber un sin número de riesgo con potencial de impacto humano, pero solamente dos pueden resultar en serios daños y ser priorizados en su evaluación.

Una vez que las consecuencias de interés son definidas, el análisis puede identificar aquellas características de la planta, proceso o sistema, que puede ser riesgo de interés. Por esto, es esencial que la técnica de identificación de riesgos sea lo suficiente completa para que ayude a identificar y a priorizar todos los riesgos importantes.

Para productos de hidrocarburos y petroquímicos o plantas industriales los riesgos potenciales más comunes son:

- Incendios (nube de vapor, derrame, fuga)
- Explosión (confinadas y no confinadas)
- BLEVES (fallas catastróficas de recipientes a presión)
- Nubes de Vapor Tóxicas
- Dispersión de Contaminantes en el Ambiente

3.1.- Los métodos más comunes para identificar riesgos son:

- a) Análisis de propiedades de los materiales y condiciones del proceso
- b) Revisión de documentos y dibujos
- b) Experiencias en planta (Auditorías de Seguridad con Personal de la Planta)
- c) Aplicación de técnicas de evaluación de riesgos (Escala Relativa de Riesgo)

a) Análisis de propiedades de los materiales y condiciones del proceso

La parte importante de este sistema es conocer las propiedades de todos los químicos usados y producidos (en este caso almacenados), en el proceso. La tabla 3.1 presenta un listado típico de propiedades.

Una identificación inicial de riesgo puede ser por una simple comparación de las propiedades específicas de los materiales para las consecuencias de interés buscadas. Por ejemplo si en un estudio el análisis es concerniente a las consecuencias de incendio, se puede identificar cual de los materiales del proceso o área de almacenamiento son inflamables o combustibles.

Las condiciones del proceso también crean riesgo o incrementa el riesgo asociado con el material en el proceso. Por ejemplo, el agua no está clasificada como explosiva, sin embargo en un proceso donde se maneja a temperatura y presión que excede su punto de ebullición (vapor), presentará un alto potencial de explosión.

De igual manera un hidrocarburo pesado puede ser difícil de incendiar en condiciones ambientales, pero si en el proceso está operado arriba de su temperatura del punto de flama, una fuga del material puede incendiarse. Por lo tanto, no es suficiente considerar solamente las propiedades del material cuando se identifiquen los riesgos, sino que también deben considerarse las condiciones del proceso.

Considerando las condiciones del proceso se puede también facilitar un análisis para asignar una prioridad menor para materiales de riesgo significativo. Por ejemplo un material puede tener una temperatura de punto de flama arriba de 400° C, y el material está solamente presente a temperatura ambiente y presión atmosférica, entonces se considera como un riesgo de incendio no significativo.

Cuando se identifican riesgos es importante considerar condiciones de proceso normales y anormales por ejemplo:

Un material piroforico es procesado normalmente con blanqueo de un gas inerte. El material garantiza una evaluación de riesgo de incendio porque hay mucho potencial de eventos anormales que exponen el material al aire.

Un líquido combustible es procesado a alta presión. El material garantiza una evaluación de riesgo de incendio porque este creará una mezcla inflamable si es asperado accidentalmente al aire.

Un monómero es normalmente procesado a temperaturas y presiones bajas. El material garantiza una evaluación de riesgo de explosión, ya que se generará una polimerización descontrolada si hay una alta temperatura.

Estos ejemplos presentan como las consideraciones de propiedades del material y condiciones del proceso pueden ser combinadas para identificar riesgos del proceso. Esto es relativamente rápido y fácil y puede ser aplicado para procesos existentes o nuevos.

b) Revisión de documentos y dibujos

Los documentos, dibujos y datos que se requieren para llevar a cabo esta revisión son DTPs, DFPs y Hojas de datos de equipo y de Instrumentos, que describan totalmente el funcionamiento de la planta, así como la experiencia de las personas que llevan a cabo la revisión de los sistemas y servicios de la planta.

El propósito fundamental de la identificación de peligros es determinar el equipo de proceso e instrumentación deficiente que puedan provocar situaciones de riesgo.

En la revisión de los diagramas de flujo de proceso se determina conforme va el flujo cuáles son los equipos que pueden presentar daño. Si el material es tóxico o inflamable, si el fluido inflamable se transfiere o procesa cerca del punto "flash" o bien en sus límites de inflamabilidad que es lo que los hace más peligrosos.

La revisión de los diagramas de tubería e instrumentación en las unidades de proceso deben involucrar a los materiales peligrosos y sobre todo a los sistemas de control para tal área. Estas revisiones pueden tener muchas técnicas de identificación como puede ser por códigos de colores etc. Durante la revisión el grupo encargado, debe realizar una lista de comentarios en cada dibujo, estos pueden requerir cambios, otros pueden ser sugeridos y algunos otros pueden cuestionar el porque el sistema está diseñado de esa manera.

c) Experiencias en planta

Cuando sea posible, se debe usar la experiencia de la planta para completar la identificación de riesgos en el almacenamiento, y haciendo un análisis retrospectivo indicándonos así en donde ha existido un riesgo. Sin embargo, la identificación de riesgos, con base únicamente en la experiencia de una planta no es completamente satisfactorio por lo que solo se debe de tomar como una herramienta

Tabla 3 1

Datos de Propiedades de Materiales para la Identificación de Riesgos

Toxicidad Aguda	Propiedades Físicas (continuación)
Inhalación (ejem LCLO)	Presión de Vapor
Oral (ejem LD50)	Solubilidad
Cutánea	Punto de Congelación
Toxicidad Crónica	Densidad
Inhalación	Estabilidad
Oral	Al golpe
Carcinogénico	Temperatura
	A la Luz
Mutagénico	Polimerización
Teratogénico	Materiales Pirofóricos
Límite de Exposición	Reactividad
	Materiales de Proceso
	Reacción (es) Deseadas
	Reacción (es) Secundarias

- TLV
- PEL
- STEL
- IDLH

Biodegradable

Toxicidad en Agua
Umbral de olor

Persistencia en el Ambiente

Propiedades Físicas

- Punto de Ebullición
- Solubilidad
- Punto de Congelación

Reacción (es) de Descomposición
Cinética

Materiales de Construcción

Impurezas en el Flujo de Materiales
Contaminación (aire, agua, suelo, etc.)

Productos de Descomposición

Químicos Incompatibles

Materiales Piroforicos

Flamabilidad / Explosividad

LIE / LSE

LIF / LSF

Parámetros de Explosión de Polvos
Energía Mínima de Ignición

Punto de Flama

Temperatura de Autoignición

Producción de Energía

Tabla 3 2

COMPONENTES QUÍMICOS POTENCIALMENTE PELIGROSOS

Ácidos Amoníaco y Compuestos Amoniacales

Mercaptanos

Compuestos Azo y Diazo e Hidrazinas

Compuestos Nitro-

Carbonilos

Orgánicos

Cloratos y Percloratos

Organofosfatos

Cianidos

Fenoles y Cresoles

Epóxidos

Xilenos y cloroxilenos

Eteres

Aldehidos

Halógenos

Metales Alkalinos
Hidrocarbonos
Metales Alkil
Hidroxidos
Aminas
Isocianatos
Amoniaco y Compuestos Amoniacales
Mercaptanos
Compuestos Azo v Diazo e Hidrazinas
Compuestos Nitro-Carbonilos
Organicos
Cloratos y Percloratos
Organofosfatos
Cianidos
Fenoles y Cresoles
Epoxidos
Xilenos y cloroxilenos

Capítulo 4: REQUERIMIENTOS Y CONSIDERACIONES DE LAS TÉCNICAS DEL INDICE DOW E INDICE MOND

REQUERIMIENTOS Y CONSIDERACIONES DE LAS TÉCNICAS DEL INDICE DOW E INDICE MOND

4.1.- Consideraciones y recomendaciones para la aplicación de la técnica del Índice Dow

Esta técnica es un procedimiento de caracterización del riesgo relativo en una unidad de proceso individual, que considera la inflamabilidad y reactividad asignándole a cada uno de ellos un factor material, aunado con las características propias de los materiales manejados y la cantidad presente de los mismos se obtiene el grado de riesgo

Se inicia identificando aquellas unidades o secciones de proceso que se consideran como de mayor impacto o que contribuyan más al riesgo de fuego y explosión

Para estudio Dow es necesario dividir el proceso en unidades o secciones, tales como unidad de alimentación, almacenamiento, precalentamiento, reacción absorción, adsorción, purificación, mezclado, destilación, etc o considerar equipos específicos como bombas, tanques, reactores, evaporadores, columnas de destilación, etc En determinados casos, como los de una bodega, la unidad de proceso se considera como el material almacenado

Requerimientos para aplicar el Índice Dow

- 1 Plano de localización general de la planta**
- 2 Plano de distribución de equipo**
- 3 Diagrama de tuberías e instrumentación**
- 4 Diagramas de flujo de proceso**
- 5 Propiedades químicas, físicas, fisicoquímicas de materias primas, materiales auxiliares, productos, subproductos y desechos de proceso**
- 6 Relación de valores de reposición del equipo en la unidad de proceso**
- 7 Calculadora y compas**

Consideraciones

- a) Es necesario un análisis cuidadoso al definir las secciones a estudiar, cuando los equipos están en serie y no hay una separación efectiva entre ellos**
- b) Esta técnica se aplica en aquellas unidades de proceso donde exista un gran impacto en el riesgo de incendio o explosión de acuerdo al material existente, reacciones o proceso peligroso**

Secuencia de aplicación

Se inicia identificando aquellas unidades o secciones de proceso que se consideren como de mayor impacto o que contribuyan mas al riesgo de fuego y explosión .

Se determina el factor material para cada unidad o seccion . Se evalua la contribución de cada factor de riesgo para determinar el factor de riesgo de la unidad y el factor de daño, que representa el grado de exposicion a perdidas

Se calcula el Indice Dow de Fuego y Explosion (IFE) y el Area de Exposicion alrededor de la unidad o seccion analizada

Se determina el valor de reposicion en US Dlls del equipo en el area de exposicion y el Daño Maximo Probable a la Propiedad Base , el cual se corrige por los factores por medidas de prevencion y control de perdidas obteniendose el Daño Maximo Probable a la Propiedad actual o corregido (esto tambien se logra relocalizando equipo fuera del area de exposicion). Con el valor de Daño Maximo Probable a la Propiedad actual, se determinan los Dias Máximos Probables Fuera de Operacion

El DMPP actual representa la perdida probable que pueda ocurrir si se presenta un incidente de magnitud razonable y operan varias protecciones, la falla de algún equipo de protección puede regresar el DMPP a su valor base

4.2.- Requerimientos y consideraciones de la técnica del Índice Mond

Esta metodología es semejante a la ya mencionada del Índice Dow, con la salvedad de que el Índice Mond determina y jerarquiza los riesgos potenciales de áreas que puedan presentar riesgos de incendio, explosión y toxicidad

Consideraciones

1 - División de la planta en secciones, una sección se define como parte de una planta que se puede identificar lógicamente y fácilmente como una entidad separada. Puede consistir en una porción de la planta que está (o puede estar) separada del resto, ya sea por una distancia o por barreras contra fuego, dique, etc. La parte de la planta seleccionada como una sección es normalmente el área donde exista un proceso particular y/o un riesgo material, diferente de aquellos presentes en otras secciones cercanas. Los tipos más comunes de secciones son

- a) Almacenamiento de materias primas
- b) Sección de alimentación
- c) Sección de reacción
- d) Destilación de un producto
- e) Sección de absorción o agotamiento

- f) Almacenamiento intermedio
- g) Almacenamiento de productos
- h) Sección de carga y descarga
- i) Sección de manejo de catalizadores
- j) Tratamiento de subproducto
- k) Tratamiento de efluentes
- l) Una porción del puente de tuberías que entre al área de la planta

Estos tipos de unidades no son las únicas, hay otras tales como filtración, secado, procesamiento de sólidos, compresión de gas, etc., que deben usarse para dividir la planta en secciones adecuadas.

Solamente dividiendo a la planta en un número de secciones de diferentes tipos, pueden establecerse las características de riesgo de las diferentes unidades de la planta. De otra manera, toda la planta o una gran parte de ella se caracterizaría por la sección más peligrosa. También permite considerar límites entre la sección más peligrosa de la planta y las unidades de alta inversión de capital.

Las áreas cercadas separadamente se consideran como secciones diferentes para identificar correctamente los peligros relativos de gases licuados, líquidos altamente inflamables, líquidos combustibles y materiales que tengan riesgos especiales, como riesgos de polimerización espontánea, formación potencial de peróxido, propiedades de explosión de

la fase condensada, etc. Los puentes de tuberías más grandes que están dentro del área de la planta se estudian como secciones separadas de los procesos de la planta y de las unidades de almacenamiento. Una sección adecuada para considerar los riesgos de un puente de tuberías es el largo del puente de tuberías entre los polos de soporte principal y el armazón completo con la tubería colocada encima.

Los tubos que corren a nivel de piso se consideran como una sección. Se sugiere una longitud de 25 m como definición adecuada de una sección (trincheras completas o tuberías individuales) para estudio, a menos que las condiciones locales indiquen otra alternativa de longitud.

En el caso de edificios de muchos pisos donde se efectúan operaciones de procesos separados en diferentes pisos y en diferentes partes del edificio, se puede dividir en secciones apropiadas tanto en dirección vertical como horizontal, teniendo cuidado de que ninguna operación de proceso (como columnas de destilación) pase a través de los límites entre las diferentes secciones verticales u horizontales. Una vez que los límites de las secciones se definen, se analiza cada una en forma separada.

2 - Selección de materiales en una sección de la planta

Los materiales catalizadores, intermedios, subproductos y solventes se identifican y enlistan para la sección junto con las reacciones u operaciones normalmente efectuados.

dentro de ella. Esto se basa generalmente en el grado de inflamabilidad combinado con la cantidad de material entre los listados individualmente en la seccion, pero en algunos casos la combinacion de cantidad y energia potencial explosiva puede considerarse como de mayor riesgo

Para que el material se seleccione como material clave, debe estar presente en tal magnitud que sea peligroso. Si un material que tiene riesgo excepcional (como el acetileno) esta solamente presente en pequeñas cantidades en relacion con una mayor cantidad de un material como el propano, este ultimo se seleccionara como el material clave. Sin embargo, si un material tal como el acetileno esta presente en pequeñas cantidades relativas a un material inerte como el nitrogeno, el acetileno se seleccionara como el material clave.

Si una seccion de la planta tiene mas de un material, se deben hacer comparaciones por separado basandose en cada material clave y establecerse como tal el mas severo, seleccionando asi, los riesgos de la seccion.

Tambien se puede usar una mezcla como el material clave si la mezcla permanece constante y representa la reaccion o el potencial dominante de fuego, reactividad, explosion o toxicidad en la seccion.

Capítulo 5 : CRITERIOS DE ASIGNACION DE FACTORES PARA LAS TECNICAS DEL INDICE DOW E INDICE MOND

CRITERIOS DE ASIGNACIÓN DE FACTORES PARA LAS TECNICAS DEL INDICE DOW E INDICE MOND

Indice Dow

I - Riesgos generales del proceso (F1)

- | | |
|----------------------------|-----------|
| a) Reacciones Exotermicas | NO APLICA |
| b) Reacciones Endotermicas | NO APLICA |

c) Manejo y Transferencia

El factor asignado es de 0.85 por estar esta amina dentro del grupo clase 1 con punto de inflamacion menor que 37.8°C y presion de vapor menor o igual a 2.8 Kg/cm²

- | | |
|-----------------------------------|-----------|
| d) Unidades de Proceso Cerradas | NO APLICA |
| e) Acceso al Area de Procesos | NO APLICA |
| f) Drenajes / Control de Derrames | |

El factor asignado es de 0.5 por ser su punto de flama menor a 140°F

II - Riesgos especiales de proceso

a) Materiales Toxicos

En funcion del valor reportado por riesgos a la salud en la NFPA y con la fórmula

$$f = 0.2 * Nh$$

b) Presion Subatmosferica

Este factor de 0.5 se aplica a cualquier proceso en donde exista entrada de aire al sistema aún momentaneamente

c) Operacion cerca o en Rango Inflamable

El factor de 0.5 se asigna en funcion de existir entrada de aire aspirado durante el bombeo, venteos de presion sin inertizacion y almacenamiento a temperaturas sobre su punto de flama de copa cerrada sin inertizacion

d) Explosion de Polvos

NO APLICA

e) Alivio de Presion

Con la figura A-1 se obtiene el valor de 0.04

f) Baja Temperatura

Se aplica un factor de 0.2 porque se desconocen los materiales de construccion .

g) Cantidad de Material

Con la grafica A-3 se obtiene el factor en base a la cantidad de material al 90% de la capacidad del tanque

h) Corrosion y Erosion

La velocidad de corrosion menor a 0.5 mm/año

i) Fugas Juntas y Empaques

Sellos de bombas que puedan dar fugas menores

j) Equipo Calentado a Fuego Directo

NO APLICA

k) Sistema de Intercambio de Calor con Aceite

NO APLICA

l) Equipo Rotativo

NO APLICA

III - Factores por medidas de seguridad y control de riesgos

CI - CONTROL DE PROCESO

1 - Energía de Emergencia

NO APLICA

2 - Enfriamiento

NO APLICA

3 - Control de Explosión

NO APLICA

4 - Paro de Emergencia

NO APLICA

5 - Control por Computadora

NO APLICA

6 - Gas Inerte

NO APLICA

7 - Procedimientos de Operación

El factor obtenido es de 0.95 por la aplicación de los puntos a), b), c), f), h), i), y j)

8 - Analisis de Reactivos

NO APLICA

C2 - AISLAMIENTO DE MATERIALES

1 - Valvulas de Control Remoto

NO APLICA

2 - Descarga a Vertederos

NO APLICA

3 - Drenaje

NO APLICA

4 - Interlock

NO APLICA

C3 - PROTECCION CONTRA INCENDIO

1 - Deteccion de Fugas

NO APLICA

2 - Acero Estructural

NO APLICA

3 - Tanques Recubiertos

NO APLICA

4.- Suministro de Agua

El factor asignado es de 0.99 por solo existir dos horas de suministro de agua en caso de algun incidente

5 - Sistemas Especiales

NO APLICA

6 - Sistemas de Rociadores

El factor asignado es de 0.84 por entrar en el rango de ocupacion ordinaria y con sistema seco

7 - Cortinas de Agua

NO APLICA

8 - Espuma

El factor asignado es de 0.97 por ser accionados manualmente

9 - Extintores Monitores

El factor asignado es de 0.95 porque se pueden accionar desde un punto seguro

10 - Protección de Cables

NO APLICA

Nota. El análisis de la técnica Dow es muy similar para las tres aminas primarias, habiendo variaciones solo en el cálculo por cantidad de material, en la asignación de factores

El Sumario de Analisis de Riesgos esta calculado en base a todos los factores que se muestran en la guía de asignaciones

Indice Mond

I - FACTOR MATERIAL (B)

Determinado a partir del calor de combustion

II - RIESGOS ESPECIALES DEL MATERIAL (M)

a) Oxidantes

NO APLICA

b) Reaccion Peligrosa con Agua

Este factor de 5 se asigno por haber contribucion a un aumento insignificante en el incendio al haber contacto de las aminas con el agua, que se esta utilizando para mitigar el fuego.

c) Mezclado y Dispersion

Este factor de 30 se asigna por existir $T_c > -10$ y $P_{eb} < 30^\circ\text{C}$

d) Combustion Espontanea NO APLICA

e) Polimerizacion Espontanea NO APLICA

f) Sensibilidad a la Ignicion NO APLICA

g) Descomposicion Explosiva NO APLICA

h) Detonacion Gaseosa NO APLICA

i) Fase Condensada NO APLICA

j) Otros NO APLICA

III.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO

a) Manejo y Cambios Fisicos

El factor de 10 es asignado por existir almacenamiento de material inflamable con diques de contencion

b) Reacción Unica Continua **NO APLICA**

c) Reaccion Unica Batch **NO APLICA**

d) Multireacciones **NO APLICA**

e) Transferencia de Materiales

Este factor de 25 se aplica por existir tuberia flexible

f) Contenedores Portatiles **NO APLICA**

IV.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO

a) Baja Presión

Se aplicó un factor de 100 por operar casi a presión atmosférica, o al vacío aún momentáneamente con materiales inflamables, presentando un riesgo de explosión originado por la entrada de aire al sistema

b) Alta Presión

El factor de 1 es aplicado en base a la presión de operación calculado con la gráfica B-1

c) Baja Temperatura

NO APLICA

d) Alta Temperatura

El factor de 20 asignado es por manejar el líquido inflamable arriba del flash point de copa cerrada.

e) Corrosión y Erosión

Este factor de 10 es asignado por existir una velocidad de corrosión de 0.5 mm/año.

f) Fugas en Juntas y Empaques

El factor de 30 se asigna por existir fugas regulares de menor cuantía

g) Vibración

NO APLICA

h) Control Dificil de Proceso

NO APLICA

i) Operación Rango Inflamable

Se aplico un factor de 50 ya que se puede entrar en el rango inflamable durante el llenado o vaciado, o en otras condiciones infrecuentes pero normales

j) Riesgo de Explosion Mavor al Promedio

El factor de 40 asignado a consecuencia de que exista una fuga y resulte una rapida vaporizacion y formacion probable de concentracion inflamable en una gran parte de la atmosfera circundante

k) Polvos o Nieblas Riesgosas

El factor asignado de 30 es en base a que el material que se maneja es tal que los riesgos de explosion por neblina dentro o fuera del equipo, puedan producirse unicamente por ruptura o falla del equipo

l) Oxidantes muy Fuertes

NO APLICA

m) Sensibilidad a la Ignición.

NO APLICA

n) Riesgos Electrostaticos

Se aplica el factor de 100 cuando se prevén riesgos por cargas electrostaticas en el sistema

V - RIESGOS POR CANTIDAD

Para obtener los factores se utilizaron las graficas B-2, B-3 y B-4, relacionada con la cantidad de material al 90°.

VI - RIESGOS POR DISTRIBUCION

a) Diseño Estructural

NO APLICA

b) Efecto Domino

NO APLICA

c) Areas Subterranas

NO APLICA

d) Drenaje Superficial

Se asigna un factor de 100 por formarse un charco e inundarse el dique.

e) Otros

Se asigna un factor de 75 por no haber 3 accesos, ya que el area de trabajo excede de los 400 m²

VII - RIESGOS POR TOXICIDAD

a), b) y c) se obtiene en base a los rangos de asignación con respecto al valor del TLV

d) Absorción por Piel

NO APLICA

e) Factores Físicos

NO APLICA

VIII Y IX - SUMARIO Y CALCULO DE INDICES

X - FACTORES DE CORRECCION POR MEDIDAS DE SEGURIDAD

K1.- CONTROL DE RIESGOS EN CONTENEDORES

a), b), c), d), e) y f)

NO APLICAN

K2.- CONTROL DE PROCESO

a), b), c), d), e), f) y g)

NO APLICAN

h) Protección Contra Explosión o Reacción Peligrosa

Factor de 0.95 por existir sistemas de relevo de sobrepresión para protección de condiciones anormales previsible

i) Instrucciones de Operación

El factor asignado es de 0.94 por la aplicación de los puntos 1), 2), 4), 5), 6) y 7)

j) Supervisión de Planta

Se aplica un factor de 0.97 por existir sistemas de intercomunicación (radios)

K3 - ACTITUD DE SEGURIDAD

a) Involucramiento de la Gerencia

NO APLICA

b) Entrenamiento en Seguridad

Factor de 0.90 por llevarse a cabo programas de entrenamiento sobre seguridad.

c) Procedimientos de Seguridad y Mantenimiento

Se asigna el factor de 0.90, por elaborarse reportes de accidentes.

K4 - PROTECCION CONTRA FUEGO

a), b) y c)

NO APLICAN

K5.- AISLAMIENTO DE MATERIALES

a) y b)

NO APLICAN

K6 - COMBATE DE INCENDIOS

a) Alarma de Emergencia

NO APLICA

b) Extintores Portatiles

El factor de 0.85 se asigna por haber extintores portátiles, pero no los suficientes para cualquier tipo de fuego.

c) Suministro de Agua Contra Incendio

NO APLICA

d) Sistema de Rociadores o Monitores

El factor de 0.95 se asigna en base a que existe sistema de diluvio en el área de aminas

e) Espuma y Gas Inerte

El factor asignado es de 0.90 por solo existir espuma.

f) Brigada de Emergencia

El factor asignado es de 0.95 por existir brigadas preparadas y camionetas de salvamento.

g) Apoyo Externo y/o Interno

El factor asignado es de 0.90 ya que se lleva a cabo un entrenamiento regular para operadores sobre el uso de extintores portátiles, equipo de flujo y colaboración con las brigadas contra incendio

h) Ventilación de Humo

NO APLICA


XI - SUMARIO DE FACTORES DE SEGURIDAD

Se encuentran en la guía de cálculo

INDICE DOW PARA FUEGO Y EXPLOSION

COMPLEJO Y/O PLANTA C. O. C. M.		DEPARTAMENTO SEGURIDAD	UNIDAD Y SECCION R-50 TANQUE DE ALMACENAMIENTO	FECHA 15-05-96
MATERIALES Y PROCESO				
MATERIALES: MONOMETILAMINA AGUA		DT:	REV:	FECHA:
MATERIALES/CLAVE MMA	FACTOR MATERIAL (FM)	ESTADO DE OPERACION		
	21	ARRANQUE	TRABAJO	OPERA NORMAL
ANALISIS DE RIESGOS				
RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (F1)		FACTOR		FACTOR
Factor Base		1.0		
a. Reacciones Exotermicas	0.3 a 1.25		g) Exposicion de Manos	0.25 a 2.0
e. Reacciones Exotermicas	0.2 a 0.4		h) Alarma de Presion (FIGURA 1)	1.0
c) Manejo y Transferencia	0.25 a 1.05		Presion Op. 7.15 psig / Alarma 4.4	0.5 a 9
d) Unidades de Proceso Cerradas	0.25 a 0.9		i) Baja Temperatura	0.2 a 0.3
e) Accesos al Area de Proceso	0.2 a 0.35		j) Cantidad de Material	FIGURA 1
f) Cerramos/Control de Demoras	0.25 a 0.5		k) Cantidad de Agua	0.5 a 1.0
Suma de Factores (FP)	1.5		l) Corrosion y Erosion	0.1 a 0.25
RIESGOS ESPECIALES DE PROCESO (F2)		FACTOR		FACTOR
Factor Base		1.0	m) Fugas Juntas/Empleques	0.1 a 1.5
a) Materiales Toxicos	0.2 a 0.8		n) Equipo Calentado a Fuego Directo	0.1 a 1.0
b) Presion Subatmosferica	0.5		o) Sol Intercomiso de Color con Aceite	0.15 a 1.15
c) Operacion cerca o en campo fijo	0.5		p) Equipo Holgado	0.5
Suma de Factores (FP)		1.4	Suma de Factores (FP)	1.4
FACTOR DE RIESGOS DE LA UNIDAD (F3)			FACTOR DE RIESGOS DE LA UNIDAD (F3)	
INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (INDEX)			INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (INDEX)	
FACTORES POR MEDIDAS DE SEGURIDAD Y CONTROL DE RIESGOS				
C1- CONTROL DE PROCESO		FACTOR	Producto de Factores	
1. Energia de Emergencia	0.94	1.0	0.94	
2. Enfriamiento	0.97 a 0.99	1.0	0.97	
3. Control de Exposicion	0.84 a 0.98	1.0	0.84	
4. Pared de Emergencia	0.96 a 0.99	1.0	0.96	
5. Control por Computador	0.93 a 0.99	1.0	0.93	
6. Gas Inerte	0.94 a 0.96	1.0	0.94	
7. Procedimientos Operacion	0.91 a 0.99	1.0	0.91	
8. Analisis de reactivos	0.91 a 0.96	1.0	0.91	
Producto de Factores (C1)		0.95	0.95	
C2- AISLAMIENTO DE MATERIAL		FACTOR	Producto de Factores	
1. Valvulas de Control Remoto	0.96 a 0.98	1.0	0.96	
2. Descarga a vertederos	0.96 a 0.98	1.0	0.96	
3. Drenaje	0.91 a 0.97	1.0	0.91	
4. Interlocks	0.98	1.0	0.98	
Producto de Factores (C2)		0.95	0.95	
SUMARIO DE ANALISIS DE RIESGOS				
F1 Factor Arreglo Unidad	(F3) a 1.74	F2 F2	FIDMPP Base	1.384
H IFE	1.75 7.50	CLASIF. RIESGO SEVER.	G FACTOR POR MEDIDAS DE SEGURIDAD	0.95
C1 FACTOR DE DANG. (Figura 6)	1.04	(F1)	H I D M P P Actual (D M P P) C1	1.28
C1 RADIO DE EXPOSICION (Fig 7) 1.44	1.31	(F2)	H I D M P P (Figura 6)	1.28
C1 VALOR DEL AREA EXPOSICION 6.1 1.44	1.7	US DIB	J1 INTERRUPCION DEL NEGOCIO	1.74
NOMBRE		PUESTO		
EJEBENA VILLARREAL CASTILLO		TESISTA		

INDICE DOW PARA FUEGO Y EXPLOSION

COMPLEJO Y/O PLANTA C. D. C. M.	DEPARTAMENTO SEGURIDAD	UNIDAD Y SECCION R-44 TANQUE DE ALMACENAMIENTO	FECHA 15-05-98
MATERIALES Y PROCESO			
MATERIALES: D.METILAMINA-AQUA	Q.T.A. _____	REV. _____	FECHA: _____
MATERIALES CLAVE: C.M.A.	FACTOR MATERIAL (FM) _____	ESTADO DE OPERACION	
	ARRANQUE _____	PARO _____	OPN. NORMAL _____
ANALISIS DE RIESGOS			
FACTOR		FACTOR	
RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (F1)			
Factor Base	1.0	d) Extension de Fuegos	0.25 a 2.0
a) Reacciones Exotermicas 0.3 a 1.25	1.0	e) Alivio de Presion (FIGURA 1)	0.04
b) Reacciones Endotermicas 0.2 a 0.4	1.0	f) Presion Op 7.15 psig / Almac 11.1 psig	
c) Manera y Transparencia 0.25 a 1.05	1.0	g) Baja Temperatura 0.2 a 0.3	0.2
d) Unidades de Proceso Cerradas 0.25 a 0.9	1.0	h) Cantidad de Material	FIGURA 3
e) Accesos o Arno de Procesos 0.2 a 0.55	1.0	i) Cantidad [R 74] a 18 [A] 15.2 a 17.8 ACTIVID	
f) Drenajes/Control de Drenajes 0.25 a 0.5	1.0	j) Corrosion y Erosion 0.1 a 0.75	0.1
Suma de Factores HOP	F1 = 1.0	k) Fugas Juntas/Empleques 0.1 a 1.5	0.1
RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO (F2)			
Factor Base	1.0	l) Equipo Conectado a Fuga Directa 0.1 a 1.0	0.0
a) Materiales Tóxicos 0.2 a 0.5	1.0	m) Sel Intercambio de Color con Acute 0.15 a 1.15	0.0
b) Presion Subatmosferica 0.5	1.0	n) Equipo Rotativo 0.5	0.0
c) Ubicación cerca o en Manja Fiable	1.0	Suma de Factores REP	REP = 1.0
FACTOR DE FACTORES		FACTOR DE RIESGOS DE LA UNIDAD (F2 = F3)	
C1 = 1.0		INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION FMxF3 = 1F1xF2xF3	
FACTORES POR MEDIDAS DE SEGURIDAD Y CONTROL DE RIESGOS			
FACTOR		FACTOR	
C1 - CONTROL DE PROCESO			
1. Energia de Emergencia 0.9	1.0	Producto de Factores C2 = 1.0	
2. Entrenamiento 0.97 a 0.95	1.0	C3 - PROTECCION CONTRA INCENDIOS	
3. Control de Exposicion 0.84 a 0.58	1.0	1. Deteccion de Fugas 0.94 a 0.95	1.0
4. Fuga de Emergencia 0.95 a 0.99	1.0	2. Acero Estructural 0.95 a 0.93	1.0
5. Control por Computadores 0.93 a 0.99	1.0	3. Tanques Hecubertales 0.84 a 0.91	1.0
6. Gas Inerte 0.94 a 0.96	1.0	4. Suministro de Agua 0.94 a 0.99	0.99
7. Procedimientos Operacion 0.91 a 0.99	0.99	5. Sistemas Especiales 0.91	1.0
8. Analisis de reactivos 0.91 a 0.98	1.0	6. Sistemas de Alacardes 0.74 a 0.97	0.84
Producto de Factores	C1 = 1.0	7. Cortinas de Agua 0.97 a 0.98	1.0
C2 - AISLAMIENTO DE MATERIAL			
1. Volvulas de Control Remota 0.96 a 0.95	1.0	8. Espuma 0.92 a 0.97	0.97
2. Descarga a vertederos 0.96 a 0.98	1.0	9. Extintores Monitores 0.95 a 0.98	0.95
3. Urencia 0.91 a 0.97	1.0	10. Proteccion a Cobres 0.94 a 0.98	1.0
4. Interlock 0.98	1.0	Producto de Factores	C3 = 0.76
SUMARIO DE ANALISIS DE RIESGOS		FACTOR POR MEDIDAS DE SEGURIDAD FINAL C1xC2xC3=C	
A) Factor Riesgo Unidad (F3) 8.27	FME 21	F1 x F2 x F3 Base	0.550 21
B) F1E 173.71	CLASIF. RIESGO SEVERO	G) FACTOR POR MEDIDAS DE SEGURIDAD (C1) 1.0	728
C) FACTOR DE BANC (Figura b) 0.84		H) DMPD Actua (DMPD)x(C1) 44.294 21	US DIB
D) GRADO DE EXPOSICION (Fig 7) 1.45 11		I) MCEPD (Figura c)	
E) EL VALOR DEL AREA EXPOSICION 635.23 67	US DIB	J) INTERRUPCION DEL NEGOCIO 1.936 710	US DIB
NOMBRE		PUESTO	
EUGENIA VILLARREAL CASTILLO		TESTISTA	
		FIRMA	
			

INDICE DOW PARA FUEGO Y EXPLOSION

COMPLEJO Y/O PLANTA C.C.O.A.	DEPARTAMENTO SEGURIDAD	UNIDAD Y SECCION LABORATORIO DE INVESTIGACION	FECHA 15-05-84
MATERIALES Y PROCESO			
MATERIALES:	DTI	REV	PROG.
MATERIALES CLAVE:	FACTOR MATERIAL (FM)	ESTADO DE OPERACION	
	ARRANQUE	PARO	OPR. NORMAL
ANALISIS DE RIESGOS			
FACTOR		FACTOR	
RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (F1)			
Factor Base	1.0	a) Exposicion a Fuegos 0.25 a 2.0 b) Alarma de Presion (FIGURA 1) Presion Op. 17 psig / Alar. 20 psig c) Alta Temperatura 0.2 a 0.3 d) Cantidad de Material	2.0 1.0 1.0 1.0
a) Reacciones Exotermicas 0.3 a 1.25	1.0	e) Corrosion y Erosion 0.1 a 0.15	1.0
b) Reacciones Endotermicas 0.2 a 0.4	1.0	f) Equipo Coleccionado a Fuego Directo 0.1 a 1.0	1.0
c) Alarmino y Transmision 0.25 a 1.0	1.0	g) Sal Interferencia de Color con Acido 0.15 a 1.15	1.0
d) Unidades de Inicio Cerradas 0.25 a 0.9	1.0	h) Equipo Rotatorio 0.5	1.0
e) Accesos al Area de Procesos 0.25 a 0.35	1.0	Suma de Factores HEP	2.2
f) Drenajes/Control de Derrames 0.25 a 0.5	1.0	FACTOR DE RIESGOS DE LA UNIDAD (F2)	1.1
Suma de Factores HEP	1.1	INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (INDEXE FE)	1.1
RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO (F2)			
Factor Base	1.0	Suma de Factores HEP	
a) Material Tóxico 0.2 a 0.8	1.0	FACTOR DE RIESGOS DE LA UNIDAD (F2)	
b) Presion Subatmosfera 0.5	1.0	INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (INDEXE FE)	
c) Liberacion cerca o en Zona Externa	1.0		
FACTORES POR MEDIDAS DE SEGURIDAD Y CONTROL DE RIESGOS			
C1 - CONTROL DE PROCESO		C2 - PRODUCTO DE FACTORES	
1. Energia de Emergencia 0.5H	1.0	Producto de Factores	0.25
2. Entrenamiento 0.57A 0.57B	1.0	C3 - PROTECCION CONTRA INCENDIOS	
3. Control de Exposicion 0.8A a 0.8B	1.0	1. Deteccion de Fugas 0.54 a 0.54H	1.0
4. Plano de Emergencia 0.56 a 0.57	1.0	2. Acero Estructural 0.57 a 0.57H	1.0
5. Control por Computador 0.93 a 0.93H	1.0	3. Tanques Recubiertos 0.44 a 0.44H	1.0
6. Gas Inerte 0.45 a 0.45H	1.0	4. Suministro de Agua 0.44 a 0.44H	1.0
7. Procedimientos Operacion 0.91 a 0.93H	1.0	5. Sistemas Especiales 0.51	1.0
8. Analisis de reactivos 0.51 a 0.51H	1.0	6. Sistemas de Reservas de Material 0.57	1.0
Producto de Factores	0.15	7. Control de Agua 0.57 a 0.57H	1.0
C2 - ASIGNAMIENTO DE MATERIAL		8. Esquema 0.57 a 0.57H	1.0
1. Volvulos de Corera Hemato 0.55 a 0.55H	1.0	9. Extintores Manuales 0.55 a 0.55H	1.0
2. Lascas o arrietras 0.55 a 0.55H	1.0	10. Proteccion a Galletas 0.55 a 0.55H	1.0
3. Drenaje 0.91 a 0.91H	1.0	Producto de Factores	0.32
4. Interlock 0.98	1.0	FACTOR POR MEDIDAS DE SEGURIDAD (F3)	0.32
GRANUJO DE ACTIVIDADES DE RIESGOS			
A) Factor Humano Unid. (F4)	FME	FIDNDR Base	5.000 1.0
B) FE (F5)	CLASIF. FUEGO	FACTOR POR MEDIDAS DE SEGURIDAD (F3)	0.32 0.32
C) FACTOR DE DANG. (FIGURA 1)	0.85	TIEMPO ACUM. (IMPRD)	0.1 4.5 5.4 6.3
D) RADIO DE EXPOSICION (FIG. 7)	0.4	TIEMPO (Figura 6)	
E) VALOR DEL AREA EXPOSICION (FIG. 8)	US. DIB.	INTERUPCION DEL NEGOCIO (I3)	3.13 2.77 2.77
NOMBRE		PUESTO	
EUGENIA VILLARREAL CASTILLO		TESISTA	

INDICE MOND PARA FUEGO EXPLSION Y TOXICIDAD

COMPLEJO Y/O PLANTA C. D. O. M.	DEPARTAMENTO SEGURIDAD	UNIDAD Y SECCION A-50 TANQUE DE ALMACENAMIENTO	FECHA 15-05-90
------------------------------------	---------------------------	---	-------------------

MATERIALES Y PROCESO

MATERIALES	MONOMETIL AMINA - AGUA	PVT	M7
CATALIZADORES:		SOLVENTES:	
SUB-PROD / PROD. INTERN.		PRODUCTOS:	
REACCIONES:			
1. FACTOR MATERIAL "B" Determinado por <u>Combustion</u> , Descomposicion, Reaccion, Presion de Explosión.			
FORMULA	$B = \frac{1}{\sqrt{V}} - \frac{1}{\sqrt{M}}$		B = 13.2
2. RIESGOS ESPECIALES DEL MATERIAL (M)			
a) Oxidantes	0 a 20		
b) Reaccion Peligrosa con Agua	0 a 30		
c) Mezclado y Dispersion	-50 a 60	m = 1	
d) Combustion Explosiva	30 a 250		
e) Polimerizacion Explosiva	25 a 75		
f) Sensibilidad a la Ignicion	-75 a 150		
g) Descomposicion Explosiva	125		
h) Detonacion Gaseosa	150		
i) Fase Contaminada	200 a 1500		
ii) Otras	0 a 150		
	Suma de Factores	REM	M = 2
3. RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (P)			
a) Manera y Combust. Fisicos	10 a 60		
b) Reaccion Unica Continua	10 a 50		
c) Reaccion Unica Batch	10 a 70		
d) Mutuaciones	0 a 70		
e) Interferencia de Materia	0 a 75		
f) Contaminacion Horizontal	10 a 100		
	Suma de Factores	RGR	P = 10
4. RIESGOS ESPECIALES DE PROCESO (PS)			
a) Baja Presion	0 a 100		
b) Alta Presion	0 a 150		
c) Bata	AC a Carbon -10 a 0°C		
Tempe-	AC a Carbon -10°C 50 a 100		
ratura	Otras Materias	0 a 100	
d) Am	Infomatizadas	0 a 40	
Temperatura	Materiales Construcción	0 a 75	
e) Corrosion y Friccion	0 a 150		
f) Fugas en Juntas y Empaques	0 a 50		
g) Vibracion	0 a 50		
h) Control Oficial de Proceso	20 a 500		
i) Operacion Fuga Informacion	1 a 150		
ii) Riesgo Exp Mayor al Promedio	40 a 100		
iii) Efectos ambientales	30 a 70		
iv) Orogantes muy Fuertes	0 a 500		
v) Sensibilidad a la Ignicion	0 a 75		
vi) Riesgos Electroliticos	0 a 700		
Temperatura del Proceso	*K		
	Suma de Factores	MP	PS = 102
5. RIESGOS POR CANTIDAD (Q)			
		Volumen (m ³) =	Factor
	Densidad = 0.501 Kg/m ³ Masa (Toneladas) K =		53.193
	Factor por Cantidad	Q =	47.963
		Q =	57.53
6. RIESGOS POR DISTRIBUCION (D)			
	Altura de la Unidad (m)	H =	4.22
	Area Normal de Trabajo (m ²)	N =	400.79
a) Diseño Estructural	0 a 300		
b) Efecto Lomado	0 a 200		
c) Vayas Superficiales	0 a 150		
d) Drenaje Superficial	0 a 100		
e) Otras	0 a 250		
	Suma de Factores	PD	D = 174
7. RIESGOS POR TOXICIDAD (T)			
a) TLV	0 a 300		
b) Forma del Material	25 a 200		
c) Extension Corp	100 a 150		
d) Absorcion por Piel	0 a 300		
e) Factores	0 a 300		
	Suma de Factores	PT	T = 150
8. SUMARIO DE FACTORES			
	M = 2	P = 10	PS = 102
	Q = 57.53	D = 174	T = 150
	B = 13.2	R = 235.046	
9. CALCULO DE INDICES			
		INDICE GENERAL DE RIESGO	U = 54.50303
		INDICE DE TOXICIDAD	T = 150
		CARGA DE FUEGO	F = 104053.47
		INDICE DE TOXICIDAD	U = 3.0416
		INDICE DE EXPLSION	E = 418
		INDICE DE EXPLSION AEREA	A = 1002.0499
		INDICE TOTAL MOND	R = 2355.046

INDICE MOND PARA FUEGO EXPLOSION Y TOXICIDAD

COMPLEJO Y/O PLANTA C. D. O. M.	DEPARTAMENTO S E G U R I D A D	UNIDAD Y SECCION TANQUE DE ALMACENAMIENTO	FECHA 15-05-95
------------------------------------	-----------------------------------	--	-------------------

MATERIALES Y PROCESO

MATERIALES:	FECHA:
CATALIZADORES:	SOLVENTES:
SUB-PROD / PROD INTERM:	PRODUCTOS:
REACCIONES:	

1 FACTOR MATERIAL 'B' Determinado por CERTIFICADO (Unicomposicion, Fraccion, Forma de Exposicion)
FORMULA: $B = 2 + F$

2. RIESGOS ESPECIALES DEL MATERIAL (M)	Factor	3. RIESGOS POR CAVIDAD (C)	Factor
a) Oxidantes 0 a 20		Volume (LPM) =	0 a 1
b) Reaccion Peligrosa con Agua 0 a 30		Umidad = $\frac{M}{100} \times \text{Masa (Toneladas)}$	0 a 4
c) Mezclado y Dispersion 0 a 60	m = 1	Factor por Cavidad	0 a 2
d) Combustion Explosiva 30 a 250		4. RIESGOS POR DISTRIBUCION (D)	
e) Polimerizacion Explosiva 25 a 75		Altura de la Unidad (m)	H = 0 a 4
f) Sensibilidad a la Ignicion 75 a 150		Area Normal de Trabajo (m ²)	N = 0 a 20
g) Descomposicion Explosiva 125		a) Diseño Estructural 0 a 200	0
h) Detonacion Gaseosa 150		b) Efecto Laminar 0 a 250	0
i) Fase Condensada 200 a 1500		c) Areas Subterranas 0 a 150	0
j) Otros 0 a 150		d) Exposicion Superficial 0 a 100	0
Suma de Factores REM	M = 0 a 150	e) Oms. 0 a 250	0
		Suma de Factores R ₁	R ₁ = 0 a 150

3. RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (P)	Factor	7. RIESGOS POR TOXICIDAD (T)	Factor
a) Manejo y Cambio, Fijas 10 a 60		a) TLV 0 a 300	0
b) Reaccion Unica Continua 25 a 50		b) Forma del Material 25 a 200	0
c) Reactor Unico Batch 10 a 60		c) Exposicion Cont 105 a 150	0
d) Multi-reacciones 0 a 75		d) Absorcion por Piel 0 a 300	0
e) Transferencia de Material 0 a 75		e) Factores Fisicos 0 a 300	0
f) Contenedores, Partidos 10 a 100		Suma de Factores R ₂	R ₂ = 0 a 150
Suma de Factores R ₃	R ₃ = 0 a 150		

4. RIESGOS ESPECIALES DE PROCESO (S)	Factor	8. SUMA DE FACTORES	Factor
a) Baja Presion 0 a 100		R ₁ + R ₂ + R ₃ = R ₃	R ₃ = 0 a 150
b) Alta Presion 0 a 150		M ₁ + M ₂ + M ₃ + M ₄ + M ₅ + M ₆ + M ₇ + M ₈ = M ₈	M ₈ = 0 a 150
c) Baja Temperatura	AC a Carbon < -10°C 0 a 20 AC a Carbon < -10°C 50 a 100 Otros Materiales 0 a 100	M = M ₁ + M ₂ + M ₃ + M ₄ + M ₅ + M ₆ + M ₇ + M ₈	M = 0 a 150
d) Alta Temperatura	Infiamabilidad 0 a 25 Materiales Construccion 0 a 25 Corrosion y Friccion 0 a 150		
e) Fugas, Leontas, Embogues 0 a 50			
f) Vibracion 0 a 50			
g) Control Defici de Proceso 20 a 300			
h) Operacion Largo Intermite 0 a 150			
i) Riesgo Exa Mayor o Promedio 40 a 100			
j) Pavos a Nivelos Intermedios 30 a 70			
k) Drogantes muy Fuertes 0 a 300			
l) Sensibilidad a la Ignicion 0 a 75			
m) Riesgos Electrostaticos 0 a 200			
Temperatura del Proceso "K"	T = 2 a 35		
Suma de Factores R ₄	R ₄ = 0 a 150		

9. CALCULO DE INDICES	VALOR	CATEGORIA
INDICE GENERAL DE RIESGO D =	0 a 400	MUY ALTO
P = 1000000 / (M ₁ + M ₂ + M ₃ + M ₄ + M ₅ + M ₆ + M ₇ + M ₈)	0 a 1000000	ALTO
CARGA DE FUEGO F =	0 a 1000000	MUY ALTO
F = 20000 KW / m ² / h ²		ALTO
INDICE DE TOXICIDAD U =	10 a 2000	MUY ALTO
U = (T / 100) (M ₁ + P + S) / 100		ALTO
INDICE DE TOXICIDAD MAYOR C =	0 a 6500	MUY ALTO
C = QU		ALTO
INDICE DE EXPLOSION E =	0 a 20	ALTO
E = 1 + (M ₁ + P) / 100		ALTO
INDICE DE EXPLOSION AEREA A =	1 a 200	ALTO
A = (M ₁ + M ₂ + M ₃ + M ₄ + M ₅ + M ₆ + M ₇ + M ₈)		ALTO
INDICE TOTAL MOND R =	0 a 350	MUY ALTO
R = D + (U + E) / 2 + 10000		EXTREMO

INDICE MOND PARA FUEGO EXPLOSION Y TOXICIDAD

COMPLEJO Y/O PLANTA C. D. O. M.	DEPARTAMENTO SEGURIDAD	UNIDAD Y SECCION R- 50 TANQUE DE ALMACENAMIENTO	FECHA 15-05-95
MATERIALES Y PROCESO			
MATERIALES: MONOMETIL AMINA - AGUA	PTI	M/T	PLTA
CATALIZADORES:	SOLVENTES:		
SUB-PROD. / PROD. INTERM.	PRODUCTOS:		
REACCIONES:			
1. FACTOR MATERIAL "B" Determinado por <u>Comparto</u> , Descomposicion, Reaccón, Presión de Explosión.			
FORMULA $C_n H_m - N_p$			B = 13.2
2. RIESGOS ESPECIALES DEL MATERIAL UNV			
a) Oxidantes 0 a 20	Factor	0	
b) Reacción Exotérmica con Agua 0 a 30		0	
c) Mezclado y Dispersión - 50 a 60	m =	0	
d) Combustión Exotérmica 30 a 250		0	
e) Polimerización Exotérmica 25 a 75		0	
f) Sensibilidad a la Ignición - 75 a 150		0	
g) Descomposición Explosiva 125		0	
h) Detonación Gaseosa 150		0	
i) Fase Condensada 200 a 1500		0	
ii) Otros (0 a 15)		0	
Suma de Factores AFM	M =	0	
3. RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (PR)			
a) Manejo y Cambio Físicos 10 a 60		0	
b) Reacción Única Continua 25 a 50		0	
c) Reacción Única Batch 10 a 60		0	
d) Mutaciones 0 a 75		0	
e) Transferencia de Material 0 a 75		0	
f) Contenedores Portátiles 10 a 100		0	
Suma de Factores RGP	PR =	0	
4. RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO (PS)			
a) Baja Presión 0 a 100		0	
b) Alta Presión 0 a 150	p =	0	
c) Baja Temperatura	AC a Carbono -10°C 50 a 100		
d) Alta Temperatura	AC a Carbono <-10°C 50 a 100		
e) Alta Humedad	O a 40		
f) Temperatura	Mineriales Construcción 0 a 25		
g) Corrosión y Erosión 0 a 150			
h) Fugas en Juntas y Empaques 0 a 50			
i) Vibración 0 a 50			
ii) Control Defici de Proceso 20 a 500			
iii) Operación Manejo Ineficiente 0 a 150			
iv) Riesgo Exp Mayor al Promedio 40 a 100			
v) Plavos o Nieblas Resuspendidas 30 a 70			
vi) Explotantes muy Fuertes 0 a 500			
vii) Sensibilidad a la Ignición 0 a 75			
viii) Riesgos Electrostáticos 0 a 200			
Temperatura del Proceso °K			
Suma de Factores PBT	PS =	0	
5. RIESGOS POR CANTIDAD (Q)			
Factor	0		
Volumen (m ³) =	53.192		
Densidad = 0.901 kg/cm ³ Masa (toneladas) K =	47.965		
Factor por Cantidad O =	27.50		
6. RIESGOS POR DISTRIBUCION (D)			
Altura de la Unidad (m)	H =	4.22	
Área Normal de Trabajo (m ²)	N =	499.79	
a) Diseño Estructural 0 a 200		0	
b) Diseño Límite 0 a 250		0	
c) Vías Subterráneas 0 a 150		0	
d) Drenaje Superficial 0 a 100		100	
e) Otros 0 a 250		75	
Suma de Factores PD	L =	175	
7. RIESGOS POR TOXICIDAD (T)			
a) TLV 0 a 300		50	
b) Forma del Material 25 a 200		50	
c) Exposición Larga 100 a 150		50	
d) Absorción por Piel 0 a 300		0	
e) Factores Físicos 0 a 300		0	
Suma de Factores TY	Y =	150	
8. SUMARIO DE FACTORES			
B = 13.2	PR = 0	PS = 0	H = 4.22
M = 0	PD = 175	TY = 150	LE = 175
L = 175	Q = 27.5	K = 47.965	N = 499.79
M = 0	PD = 175	L = 175	N = 499.79
M = 0	PD = 175	L = 175	N = 499.79
9. CALCULO DE INDICES			
INDICE GENERAL DE RIESGO D =		514.30302	MUY CATÁSTRÓFICO
INDICE DE TOXICIDAD U =		3.0419	MODERADO
INDICE DE TOXICIDAD MAYOR C =		405.345	ALTO
INDICE DE EXPLOSION E =		4.18	ALTO
INDICE DE EXPLOSION AEREA A =		1002.0499	MUY ALTO
INDICE TOTAL MOND R =		5355.040	EXTREMO

INDICE MOND PARA FUEGO EXPLOSION Y TOXICIDAD

COMPLEJO Y/O PLANTA C. D. O. M.	DEPARTAMENTO SEGURIDAD	UNIDAD Y SECCION TANQUE DE ALMACENAMIENTO	FECHA 15-05-95
MATERIALES Y PROCESO			
MATERIALES: _____	_____	_____	_____
CATALIZADORES: _____	_____	SOLVENTES: _____	_____
SUB-PROD / PROD INTERM: _____	_____	PRODUCTOS: _____	_____
REACCIONES: _____			
1 FACTOR MATERIAL 'B' Determinado por <u>Combustion</u> , Descomposicion, Reaccion, Presion de Explosion			
FORMULA: $B = \frac{1}{1 + 0.0001 \cdot M}$			B = 1.1
2 RIESGOS ESPECIALES DEL MATERIAL (M) Factor		3 RIESGOS POR CANTIDAD (Q) Factor	
a) Oxidantes O a 20		Volume (m ³) = _____	Factor = _____
b) Reaccion Peligrosa con Agua O a 30		Densidad Factor por Masa (toneladas) K = _____	Factor = _____
c) Mezclada y Emulsion -40 a 60	m = _____	Factor por Cantidad Q = _____	
d) Combustion Espontanea 30 a 250		4 RIESGOS POR DISTRIBUCION (D)	
e) Polimerizacion Espontanea 25 a 75		Altura de la Unidad 1 m H = _____	
f) Sensibilidad a la Ignicion -75 a 150		Area Normal de Trabajo 1m ² 1 A = _____	
g) Descomposicion Explosiva 125		a) Estructura O a 200	
h) Detonacion Gaseosa 150		b) Efecto Laminar O a 250	
i) Fase Condensada 200 a 1500		c) Areas Subterranas O a 150	
j) Otros O a 150		d) Drenaje Superficial O a 100	
		e) Otros O a 250	
Suma de Factores REM M = 1.1		Suma de Factores Q = 1.1	
5 RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (P)		6 RIESGOS POR TOXICIDAD (T)	
a) Manejo y Combust. Fisicos 10 a 60		a) TLV O a 300	
b) Reaccion Unica Continua 25 a 50		b) Forma del Material 25 a 200	
c) Reactor Unico Batch 10 a 60		c) Exposicion Cara 100 a 150	
d) Multirreacciones O a 75		d) Atencion por Piel O a 300	
e) Transferencia de Materia O a 75		e) Factores Fisicos O a 300	
f) Contenedores Portatiles 10 a 100		Suma de Factores T T = 1.1	
Suma de Factores P P = 1.1		Suma de Factores F F = 1.1	
4 RIESGOS ESPECIALES DE PROCESO (S)		9 SUMARIO DE FACTORES	
a) Baja Presion O a 100		R = 1.1	P = 1.1
b) Alta Presion O a 150		M = 1.1	Q = 1.1
		D = 1.1	T = 1.1
		M = 1.1	P = 1.1
		M = 1.1	Q = 1.1
a) Baja Temperatura AC a Carbon < 10°C O a 30		8 CALCULO DE INDICES	
b) Alta Temperatura AC a Carbon < 10°C 50 a 100		INDICE GENERAL DE RIESGO D = _____	
c) Alta Inflammabilidad O a 40		D = (1 + 0.0001 M) (1 + 0.0001 Q) (1 + 0.0001 P) (1 + 0.0001 T)	
Temperatura Materiales Construccion O a 25		CARGA DE FUEGO F = _____	
e) Corrosion y Erosion O a 150		F = 20000 BK/N BTU/HR	
f) Fugas en Juntas y Empaques O a 50		INDICE DE TOXICIDAD U = _____	
g) Vibracion O a 50		U = (1 + 0.0001 M) (1 + 0.0001 P) (1 + 0.0001 T)	
h) Control Defic. de Proceso 20 a 300		INDICE DE TOXICIDAD MAYOR C = _____	
i) Operacion Fuga Inflammable O a 150		C = QU	
j) Riesgo Exp. Mayor al Promedio 40 a 100		INDICE DE EXPLOSION E = _____	
k) Pavos o Trepas Fugosas 30 a 70		E = 1 + (1M + P + S) / 100	
l) Oxidantes muy Fuertes O a 300		INDICE DE EXPLOSION AEREA A = _____	
m) Sensibilidad a la Ignicion O a 75		A = (1 + 0.0001 M) (1 + 0.0001 P) (1 + 0.0001 T)	
n) Riesgos Electrostaticos O a 200		INDICE TOTAL MOND H = _____	
Temperatura del Proceso *K		H = D(1 + F)U(1 + C)E(1 + A)	
Suma de Factores REP	S = 1.1	S = 1.1	

INDICE MOND PARA FUEGO EXPLOSION Y TOXICIDAD

COMPLEJO Y/O PLANTA C. D. O. M.	DEPARTAMENTO S E G U R I D A D	UNIDAD Y SECCION TANQUE DE ALMACENAMIENTO	FECHA 15-05-98
------------------------------------	-----------------------------------	--	-------------------

MATERIALES Y PROCESO

MATERIALES:	REV.
CATALIZADORES:	SOLVENTES:
SUB-PROD. / PROD. INTERN.	PRODUCTOS:
REACCIONES:	

1 FACTOR MATERIAL (B) Determinado por Composición, Descomposición, Reacción, Presión de Explosión.
FORMULA $B = 1 + 0.2 \cdot \dots$

2 RIESGOS ESPECIALES DEL MATERIAL (M)	Factor	3 RIESGOS POR CANTIDAD (Q)	Factor
a) Oxidantes 0 a 20	1	$Q = \frac{Volumen (m^3)}{Masa (toneladas)} \cdot K$ $K = \frac{1}{Factor\ por\ Cantidad}$	1
b) Reacción Peligrosa con Agua 0 a 30	5	$H = \frac{Altura\ de\ la\ Unidad\ (m)}{Area\ Normal\ de\ Trabajo\ (m^2)}$	1
c) Mezclado y Dispersión 50 a 60	10	a) Línea Estructural 0 a 200	0
d) Combustión Espontánea 30 a 250	10	b) Línea Dómine 0 a 250	0
e) Polimerización Espontánea 25 a 75	0	c) Líneas Subterráneas 0 a 150	0
f) Sensibilidad a la Ignición 75 a 150	0	d) Línea Superficial 0 a 100	100
g) Descomposición Explosiva 125	0	e) Otros 0 a 250	25
h) Deflacion Gaseosa 150	0	$R = \frac{Suma\ de\ Factores}{REM}$	15
i) Fase Condensada 200 a 1500	0		
j) Otros 0 a 150	0		

3 RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (P)	Factor	7 RIESGOS POR TOXICIDAD (T)	Factor
a) Manejo y Cambios Físicos 10 a 60	10	a) TLV 0 a 300	25
b) Reacción Única Continua 25 a 50	10	b) Suma del Material 25 a 200	25
c) Reacción Única Batch 10 a 60	10	c) Explosión Cero 100 a 150	10
d) Multireacciones 0 a 75	10	d) Atracción por Polv. 0 a 300	10
e) Transferencia de Materiales 0 a 75	10	e) Factores Físicos 0 a 300	10
f) Contenedores Frías 20 a 100	10	$T = \frac{Suma\ de\ Factores}{RT}$	15

4 RIESGOS ESPECIALES DE PROCESO (S)	Factor	5 (S) (T) (M) DE FACTORES	Factor
a) Baja Presión 0 a 100	10	$B = 1 + 0.2 \cdot \dots$	15
b) Alta Presión 0 a 150	10	$M = 1 + 0.2 \cdot \dots$	15
c) Baja Temp. - AC. al Carbon -10°C 0 a 100	10	$m = 1 + 0.2 \cdot \dots$	15
d) Alta Temp. - Otros Materiales 0 a 100	10		
e) Alta Inflamabilidad 0 a 40	10		
f) Temperatura Materiales Construcción 0 a 75	10		
g) Corrosión y Erosión 0 a 150	10		
h) Fugas en Juntas y Empaques 0 a 50	10		
i) Vibración 0 a 50	10		
j) Control Oficial de Proceso 20 a 300	10		
k) Operación Rango Inflamable 0 a 150	10		
l) Riesgo Exp. Mayor al Promedio 40 a 100	10		
m) Puntos o Nieblas Peligrosas 30 a 70	10		
n) Oxidantes muy Fuertes 0 a 300	10		
o) Sensibilidad a la Ignición 0 a 75	10		
p) Riesgos Electrostaticos 0 a 200	100		
q) Temperatura del Proceso °K	100.05		
$S = \frac{Suma\ de\ Factores}{RFP}$	138		

6 CALCULO DE INDICES	VALOR	CATEGORIA
INDICE GENERAL DE RIESGO (G)	235.24	MUY EXTREMADO
INDICE DE FUEGO (F)	0.35704423	MUY EXTREMO
INDICE DE TOXICIDAD (T)	15.4776	MUY ALTO
INDICE DE TOXICIDAD MAYOR (C)	1.87.505	MUY ALTO
INDICE DE EXPLOSION (E)	5.12	ALTO
INDICE DE EXPLOSION AEREA (A)	203.1795	ALTO
INDICE TOTAL MOND (R)	17788.66	MUY EXTREMO

ANALISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la realizacion de la evaluacion de daños y análisis de riesgos en la sección de almacenamiento de area de aminas de esta empresa, fueron los siguientes:

PRODUCTO	INDICE DOW RADIO DE AFECTACION	INDICE MOND R
MMA	43 89 M	436 032 CATEGORIA ALTO
DMA	44 196 M	31863 698 CATEGORIA EXTREMO
TMA	41 45 M	249828 44 CATEGORIA MUY EXTREMO

De acuerdo con la tabla anterior en base al estudio de estas dos tecnicas, se obtuvieron los radios de afectacion en caso de una explosión o incendio, para la tecnica Dow con una

area, que abarca una extensión en la que se involucran otros tanques de almacenamiento siendo mayor el nivel de riesgo en caso de existir un incidente, viendose así afectada gran parte de las instalaciones contiguas

También las categorías obtenidas en la escala Mond son alarmantes lo cual debe de motivar a seguir con los procedimientos ya preestablecidos y acciones correctivas inmediatas a las fallas detectadas, para lograr tener un nivel aceptable de seguridad

Una de las consideraciones importante que se debe tomar en cuenta es que el radio de afectación obtenido considera al equipo como si estuviera aislado, ahora bien si existen barreras o equipo que de alguna forma mitigarian esa onda expansiva, afrontaríamos otra explosión por los tanques contiguos los cuales al encontrar fuente de ignición se generaria la explosión con su respectiva area de afectación, generandonos así un efecto domino

Así mismo se analiza que en los factores de medida de seguridad y control de riesgos la mayor penalización se enfoca hacia lo que es el control de proceso (C1) y aislamiento de material (C2), y el punto de protección contra incendio (C3) es el que tiene mas créditos, lo que indica en este ultimo punto que es el mas aceptable , ya que existen sistemas de equipo contra incendio , pero sin olvidar que al fallar cualquiera de estas medidas de seguridad el Daño Maximo Probable a la Propiedad actual (DMPP* C), se regresa al Daño Maximo Probable a la Propiedad base DMPP, tomando en cuenta que hasta este punto se considera que no hay dispositivos de seguridad. Por lo que es muy importante

que los dispositivos de control de proceso y aislamiento de material sean auditados y lograr implementar mayores medidas de seguridad

Con lo que respecta a la tecnica Mond, volvemos a analizar los factores de correccion de medidas de seguridad que son los que mitigan los efectos en casos de incendio, explosion y toxicidad

En la medida de control de riesgos en contenedores (K1), proteccion contra fuego (K4) y aislamiento de material (K5) son los que tienen mayor penalizacion, y a los que se les debe de aplicar una accion inmediata

De la misma manera para el punto control de proceso (K2), actitud de seguridad (K3) y combate contra incendio (K6) fueron los que tuvieron mas puntos de credito, pero esto no quiere decir que no se les deba de tomar en cuenta

En las dos tecnicas estudiadas vemos que dentro de los factores de correccion por medidas de seguridad, el punto proteccion contra incendio son los que mayor creditos tienen, esto nos da a entender que existen equipos y dispositivos contra incendios, y eso es lo ideal, pero sin en cambio, aunado a esto contrarrestamos este efecto considerando los puntos de mayor penalización y los hacemos efectivos lograremos asi un mayor nivel de seguridad y asi lograr el bienestar del personal y comunidad

RECOMENDACIONES

Generacion de DTI's, DFP's y Hojas de Datos de Equipos e Instrumentos.

Colocacion de placas de identificacion que por las normas API, los tanques a presión deben de llevar esta placa metalica, en la que se incluyen datos de presión de operación, presión de diseño, materiales de construcción , etc

Implementar procedimientos para la realización de auditorias internas en campo, con el proposito de identificar los riesgos existentes, tanto en las areas de operación, almacenamiento y mantenimiento, que en consecuencia permitira establecer un programa de acciones predictivas , con lo que se disminuira el indice de accidentes

Implementacion de sistemas de control mas completos que incluyan desde su elemento primario, hasta la señalizacion en el tablero de control

Implementacion de planes o estrategias a la comunidad en caso de siniestro

En la seccion de operación de carga y descarga de aminas, las pipas deben de ser inertizadas antes de ser cargadas, ya que existe el riesgo de una combinacion de aire con vapores de aminas, formando una atmosfera explosiva , ya que es posible entrar en los rangos de explosividad del material

En el área de tamboreo de aminas se propone atornillar la campana extractora , y aislar la garza de llenado a los tambores para evitar un efecto de choque en los bordes

Construir un dique exclusivo para el tanque donde se almacena el Anhídrido Acético, ya que se encuentra en el mismo donde otro tanque almacena una mezcla de etanol-agua

CONCLUSIONES

En el desarrollo del presente trabajo, se pone de manifiesto la premisa básica de garantizar la óptima protección al ser humano, la propiedad y el medio ambiente. La realización de las recomendaciones ya sugeridas afectarán directamente, a los costos de venta, porque de lo contrario el impacto que causaría un accidente tiene consecuencias muy graves. En primer lugar contaminación al medio ambiente, imagen negativa de la empresa, pérdida de empleos, daños a la comunidad y muchos más efectos, no deseados.

Las recomendaciones y propuestas dadas servirán y proporcionarán soluciones para lograr un balance óptimo entre el costo del control y la efectividad en la eliminación o reducción de los riesgos en la planta. A ello hay que agregar las presiones gubernamentales y sociales lo que nos obliga a tener mayor seguridad y calidad en nuestros productos, lo que a su vez conforman un patrón prioritario para el establecimiento de mejores satisfactores para la sociedad.

De acuerdo con lo anterior y con los objetivos trazados inicialmente, la Evaluación de Análisis de Riesgos por las técnicas del Índice Dow e Índice Mond que se ha realizado nos proporcionaron puntos importantes, por lo que se recomienda que cada una de las partes que conforman este trabajo, tengan un seguimiento de grupos con experiencia y

especializados en el tema, lo que permitira el desenlace de las demas tecnicas que comprende el estudio de Analisis de Riesgos en Procesos

Esperando que con este analisis inicial se continue haciendo este tipo de estudios para lograr un nivel de seguridad en la planta a un costo posible que se vera remunerado en un beneficio y bienestar de la planta, equipo y personal

Asi mismo se concluye que estas dos tecnicas desarrolladas en la zona de almacenamiento del area de amunas con resultados extremos, catalogados asi, por los criterios de las mismas se obtiene una clasificacion de nesgo severo con radios de afectacion que, aunque quedan dentro de los limites de propiedad, se determina que el nivel de seguridad no es aceptable

APPENDICE A: METODOLOGIA INDICE DOW

INDICE DOW DE FUEGO Y EXPLOSION (ID)

METODO DE APLICACION

I. UNIDADES DE PROCESO

Para el estudio DOW es necesario dividir el proceso en unidades o secciones, tales como unidad de alimentacion, almacenamiento, recalentamiento, reaccion absorcion, adsorcion, purificación, mezclado, destilacion, etc o considerar equipos especificos como bombas, tanques, reactores, evaporadores, columnas de destilación, etc En determinados casos, como los de una bodega, la unidad de proceso se considera como el material almacenado

El Indice Dow se aplica en aquellas unidades de proceso donde existia un gran impacto en el riesgo de incendio o explosion de acuerdo al material existente, reacciones o proceso peligroso

II. FACTOR MATERIAL (FM)

El FM es la medida de la intensidad de energia potencial liberada por un compuesto químico, mezcla o sustancia, al entrar en combustion o reaccionar y causar un incendio o una explosion Es el punto de partida para el calculo del Indice DOW de Fuego y/o Explosion

El FM se determina considerando los riesgos de inflamabilidad y reactividad del material, y es un número entre 1 y 40 Para determinar el factor material, se buscaran los valores de N_f (Número de inflamabilidad) y N_r (Número por Reactividad) en el NFPA 325 M o en

el NFPA 49, o el número de St (Sensibilidad a la explosión) para polvos en lugar del Nf, aplicando lo especificado en la Tabla A-1

En caso de que el material no este reportado en el NFPA 325M o en 49, se deben determinar los números Nf, Nr o St. EL Nf depende del punto de flama y el St de pruebas de explosión de polvos

El Nr se puede describir cualitativamente segun la inestabilidad o reactividad con agua de la sustancia, mezcla o compuesto

Nr = 0 Material totalmente estable aun calentado con fuego

Nr = 1 Reacción ligera al calentarse bajo presión

Nr = 2 Reacción intensa aun cuando no se caliente o presione

Nr = 3 Puede detonar si esta confinada

Nr = 4 Puede detonar sin estar confinada

El Nr puede determinarse con mayor objetividad utilizando la temperatura máxima del valor exotermico mas bajo del analisis termico diferencial o del calorimetro analizador diferencial.

Valor Exotermico	Nr
>400	0
305 a 400	1

215 a 304	2
125 a 214	3
<125	4

Se aplican las siguientes consideraciones

1. Si el valor de Nr obteniendo es 4 pero la sustancia no es sensitiva a choques, se reduce a 3
2. Si la sustancia es un oxidante, se aumenta el valor de Nr en 1 sin exceder el valor de 4
3. Cualquier material sensible a choques debe tener un Nr de 3 a 4, de acuerdo con su temperatura exotermica

En caso de mezclas se puede considerar como FM el valor mas alto de sus componentes, siempre y cuando el componente este presente en una cantidad significativa o bien se puede calcular un FM equivalente de acuerdo a la relacion molar de los componentes

Tabla A-1 Guía para determinar el factor material (FM)

Líquidos y Gases Inflamables o Combustibles 1	NFPA					
	325M o 49	Nf = 0	Nr = 1	Nr = 2	Nr = 3	Nr = 4
No combustible 2	Nf = 0	1	14	24	29	40
Pto. Flama > 200° F	Nf = 1	4	14	24	29	40
200° F > PF > 100° F	Nf = 2	10	14	24	29	40
PF < 100° F, PE > 100° F	Nf = 3	16	16	24	29	40
PF < 73° F, PE < 100° F	Nf = 4	21	21	24	29	40

Polvos o Neblinas Combustibles 3

St1 (KSt < 200 bar m/seg)		16	16	24	29	40
St2 (KSt de 201 a 300 bar m/seg)		21	21	24	29	40
St1 (KSt < 300 bar m/seg)		24	24	24	29	40

Sólidos Combustibles

Denso > 40 mm de grosor 4		4	14	24	29	40
Abierto < 10 mm de grosor 5		10	14	24	29	40
Espuma, fibra, polvo, etc 6		16	16	24	29	40

PF = Punto de flama copa cerrada

PE = Punto de ebullición a condiciones normales de presión y temperatura

Notas

1. Incluye sólidos volátiles
2. No arderá en aire cuando se exponga a una temperatura de 1500 ° F por 5 min

3. Los valores Kst corresponden a un recipiente de prueba cerrado de 16 lt o mas sometido a calentamiento intenso. Vease NFPA 68 Guia para el venteo de deflagraciones
- 4 Incluye madera con grosor nominal de 2", lingotes de magnesio, pilas de solidos y rollos de papel o pelicula de plastico
- 5 Incluye material granulado grueso como granulos de plastico, almacenamiento en estantes, tarimas de madera y material molido que no produce polvos como estireno
- 6 Incluye materiales de caucho como llantas o botas, espuma de plastico y materiales finos como eteres de celulosa en paquetes a pruebas de polvos fugas

El FM se ajusta de acuerdo con la temperatura del proceso. Si la temperatura excede los 140°F por la estiba al calor solar

	Nf	Nr	St
a) Anotar los valores de Nf, Nr o St			
b) Si la temperatura no excede 140°F pasar a e)			
c) Si la temperatura excede el punto de flama anotar 1 bajo Nf			
d) Si T excede la exotermica o la de autoignicion anotar 1 bajo Nr			
e) Sumar cada columna pero anotar 4 si el total es 5			
f) Con los valores de e) y la Tabla 1 determinar el FM		FM=	

III. RIESGOS GENERALES DEL PROCESO

Los puntos de esta seccion incrementan la magnitud de un probable incidente, por lo que se deben evaluar los factores adecuados a la unidad de proceso analizada

A Reacciones Exotermicas

1 Las reacciones sencillas tienen un factor de 0.3

- a) Hidrogenacion: adición de átomos de hidrógeno a ambos lados de una doble o triple ligadura
- b) Hidrolisis: reacción de un compuesto con agua, como elaboración de ácido sulfúrico o fosfórico a partir de oxidantes
- c) Isomerización: reordenación de átomos de una molécula orgánica
- d) Sulfonación: introducción de un radical SO_3H en una molécula orgánica por reacción con H_2SO_4
- e) Neutralización: reacción entre ácido y base para producir la sal correspondiente y agua

2 Las reacciones moderadas tienen un factor de 0.5

- a) Alquilación: adición de un grupo alquílico a un compuesto orgánico para formar otros
- b) Esterificación: reacción entre un ácido orgánico y un alcohol
- c) Reacciones por adición: reacciones entre ácidos inorgánicos e hidrocarburos insaturados

- d) Oxidación: reacción de la sustancia con oxígeno. Para reacciones de combustión y cuando se usen oxidantes muy fuertes como cloratos, ácido nítrico hipoclorosos y sales, el factor es de 1
- e) Polimerización: unión de moléculas para formar cadenas
- f) Condensación: unión de dos o más moléculas orgánicas con liberación de agua, HCl u otros

3 Reacciones de control crítico requieren un factor de 1. En esta clase de reacciones existe un potencial muy alto de fuego o explosión si se pierde el control. Ejemplo, halogenación: introducción de halógeno(s) en una molécula orgánica

4 Reacciones particularmente sensitivas requieren un factor de 1.25. Ejemplo, nitración: reemplazo de un átomo de hidrógeno en un compuesto orgánico por un grupo nitró

B Reacciones Endotérmicas

Todas las reacciones endotérmicas tienen un factor de 0.20, excepto aquellas cuya fuente de calor, para sostener la reacción, sea proporcionada por combustión directa de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos, las cuales tienen un factor de 0.40

- a) Calcinación: eliminación de agua u otros volátiles por calentamiento. Generalmente requiere de un factor de 0.4
- b) Electrólisis: separación de iones por corriente eléctrica.

c) Pirólisis o cracking: descomposición térmica de moléculas por alta temperatura, alta presión y catalizador. Si el calentamiento es directo, factor de 0.4

C Manejo y Transferencia de Materiales

1 En la carga y descarga de líquidos inflamables Clase I (PF < 100°F) o gas LP, en las que las líneas de transferencia se conectan y desconectan, factor de 0.50

2 Si la introducción de aire durante la adición manual de ingredientes en centrifugas, reactores o mezcladoras en batch representa un riesgo de incendio o explosión, factor de 0.50

3 Bodegas y patios de almacenamiento

a) Líquidos inflamables Clase I, gas LP o gases inflamables, factor de 0.85. Incluye tambores, cilindros, contenedores y aerosoles

b) Sólidos combustibles con $N_f = 3$, factor de 0.65

c) Sólidos combustibles con $N_f = 2$, factor de 0.40

d) Líquidos combustibles con punto de flama de copa cerrada mayor que 100°F y menor de 140°F, factor de 0.25

Si el almacenamiento no está protegido por rociadores, se aumentará 0.2 al factor de riesgo

D. Unidades de Proceso Cerradas o Interiores

- 1 Si los colectores de polvos o filtros estan en el interior, factor de 0.50
- 2 Si contiene liquidos inflamables calentados arriba del punto de flama factor de 0.3 Si hay mas de 10M lb de material, factor de 0.45
- 3 Liquidos inflamables o Gas LP calentados arriba del punto de ebullicion, factor de 0.60 Si hay mas de 10 M lb de material, factor de 0.9

Si se cuenta con un sistema mecanico de ventilacion efectivo, los factores de los puntos 1 y 3 pueden reducirse en un 50%.

E. Acceso al Area de Proceso con Equipo de Emergencia

Se debe poder acceder a la unidad con equipo de emergencia y combate de incendios por al menos dos lados. Uno de estos debe ser un camino. Se puede considerar como 2^o acceso el contar con hidrantes y monitores facilmente accesibles y operadores durante un incendio. Se aplica un factor de 0.35 para areas de almacenamiento de mas de 10 M ft² (925 m²) con accesos inadecuados. Areas menores con accesos inadecuados, factor de 0.2

F Drenajes y Control de Derrames

Estos factores se aplican solo si el material de la seccion tiene un punto de flama menor a 140°F o si se procesa arriba de su punto de flama

La efectividad del drenaje se evaluara considerando que debe poder manejar el 75 % del contenido del area de proceso o el volumen del tanque mas grande dentro del dique, mas el flujo de agua para combatir un incendio por 30 min. La capacidad en galones se debe anotar en el formato

Se aplica un factor de 0.5 en los casos

- a) Diques diseñados para evitar que un derrame afecte otras areas pero que expone a todo el equipo dentro del dique
- b) Si el derrame puede quedar extendido en el area de proceso

No se aplica ningun factor si

- a) los diques rodean por 3 lados a la unidad y el drenaje tiene una pendiente del 2% hacia un contenedor remoto
- b) La distancia entre el equipo y el dique debe ser de minimo 8 m o el diametro del tanque vertical
- c) El contenedor debe tener una capacidad igual a la considerada para un drenaje efectivo

Si las condiciones anteriores se cubren parcialmente, factor de 0.25

Si el contenedor, tanque colector o trinchera, exponen líneas de servicio o no están a la distancia correcta, factor de 0.5

IV. RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO

A. Materiales Tóxicos

El factor se aplica en función del Nh (Riesgo a la Salud) reportado por el NFPA 325M o NFPA 49 como $0.2 \times Nh$

Nh = 0 Sin riesgos a la salud

Nh = 1 Solo lesiones menores

Nh = 2 Se requiere atención médica inmediata para evitar incapacidad temporal

Nh = 3 Materiales que causan lesiones serias temporales o con secuelas

Nh = 4 Una exposición corta puede causar lesiones graves o la muerte

B. Baja Presión (Subatmosférica)

Se aplica a cualquier proceso donde la entrada de aire al sistema pueda ser un riesgo. El factor aplicable a cualquier equipo de proceso que opere a presión subatmosférica, aun momentáneamente, es 0.5. Solo se considera cuando la presión absoluta es de 500 mm Hg y el factor no debe duplicarse en los apartados "Operación en o cerca del Rango Inflamable" y/o "Alivio de Presión".

C Operacion en o cerca del Rango Inflamable

1 Factor de 0.5 a

- a) Tanques de almacenamiento de liquidos con $Nf = 3$ o 4 en el que el aire pueda ser aspirado durante el bombeo o por un enfriamiento subito
- b) Venteos abiertos o de presion-vacio sin inertizacion
- c) Almacenamiento de liquidos combustibles a temperaturas sobre su punto de llama copa cerrada sin inertizacion

2 Factor de 0.3 para

- a) Equipos de proceso o almacenamiento que puedan caer en o cerca del rango inflamable solo por fallas de instrumentacion o del equipo
- b) Procesos que dependan de purgas con gas inerte para mantenerse fuera del rango inflamable

3 Factor de 0.8 a procesos que esten siempre dentro o cerca del rango inflamable

D Polvos Explosivos

Tabla A-2 Factores para Polvos Explosivos

Tamaño de Particula Micrones	Tamaño de Malla Tyler	Factor de Riesgo
mas de 175	60 a 80	0.25
151 a 175	81 a 100	0.50
101 a 150	101 a 150	0.75
75 a 100	151 a 200	1.25
menos de 75	mas de 200	2.00

Si se transporta o maneja con gas inerte, el factor sera la mitad del señalado

E Alivio de Presion

Esta seccion aplica a las unidades de proceso que operan a alta presion que tiene dispositivos de alivio como discos de ruptura, valvulas de alivio y de seguridad. Los sistemas que operan arriba de 3000 psig estan fuera de lo establecido por los codigos estandar

La Grafica A-1 indica el valor del factor en funcion de la presion de operacion, para liquidos con puntos de flama menores a 140°F. El factor se modificara de acuerdo con

- 1 Si se manejan materiales altamente viscosos, su multiplica por 0.70
- 2 Si son gases comprimidos, se multiplica por 1.20

- 3 Si son gases licuados inflamables o materiales almacenados arriba de su punto de ebullición, se multiplica por 1.3

No se ajusta el factor en operaciones de extrusion o moldeado

Se debe hacer otra correccion a este factor multiplicandolo por el resultado de dividir el factor por la presion de operacion entre el factor por la presion a la que operara el dispositivo de alivio

F Baja Temperatura

Esta seccion considera los posibles daños que ocurren en el acero al carbon o a otros metales de construccion, al operar en o abajo de su temperatura de transicion

- 1 Se aplica un factor de 0.3 si el equipo es de acero al carbon operando abajo de la temperatura de transicion o a menos de 10°C (50°F)
- 2 Se aplica un factor de 0.2 para otros materiales de construccion operando abajo de su temperatura de transicion

G Cantidad de Material Inflamable o Inestable

- 1 Liquidos con punto de flama menor a 140°F, gases licuados o gases inflamables se obtienen los BTU x 10⁹ totales, multiplicando las libras del material por ΔHc, con este dato en la Grafica A-2 se determina el valor del factor

Los líquidos combustibles con punto de flama arriba de 140°F, solo se consideran si la temperatura del proceso es mayor al punto de flama del material

Para materiales inestables se determina el valor del factor con base en 6 veces el calor de descomposición en BTU/lb ($H_d = T_d - 300$) x 0.70) o directamente el calor de combustión

2. Líquidos o gases en almacenamiento fuera del área de proceso se calculan las BTU totales ($lb \times \Delta H_c$) y se utiliza la Gráfica A-3. En caso de recipientes portátiles se considera la cantidad total almacenada. Para materiales inestables se procede según el punto 1 anterior.

Cuando hay más de un recipiente en un patio de tanques con dique común y no hay drenaje hacia un contenedor seguro, se evalúan los BTU de todos los tanques para obtener el factor.

3. Sólidos combustibles en almacenamiento el factor se evalúa considerando la densidad en lb/ft³ del material. En caso de materiales inestables 6 veces la cantidad almacenada y la curva A de la Gráfica A-4.

H Corrosión y Erosión

Esta sección considera tanto corrosión externa como interna

1. Velocidad de corrosión menor a 0.5 mm/año con riesgo de picaduras o erosión local, factor de 0.1

- 2 Velocidad de corrosión mayor de 0.5 mm/años, pero menor de 1.0 mm/año, factor de 0.20
- 3 Velocidad de corrosión mayor que 1 mm/año, factor de 0.5
- 4 Si existe riesgo de agrietamiento por tensión o corrosión factor de 0.75
- 5 Si se aplica un revestimiento contra corrosión factor de 0.2

I Fugas-Juntas y Empaques

- 1 Sellos de bombas y prensaestopas que solo puedan dar fugas menores, factor de 0.1
- 2 Si se sabe que se tendrán problemas regulares de fugas en bombas, compresores y bndas, factor de 0.3
- 3 Procesos con ciclos térmicos o de presión factor de 0.3
- 4 Material penetrante o abrasivo que puede causar fugas intermitentes o si se utiliza un sello o empaque para el eje rotatorio factor de 0.4
- 5 Minillas de vidrio, fuelles o juntas de expansión factor de 1.5

J Equipo Calentado con Fuego Directo

La localización de los equipos calentados con fuego directo (Hornos, Calderas, etc) en una unidad de proceso, aumentan la exposición a un incendio o explosión cuando hay un alivio de vapores inflamables. Si el líquido inflamable se derrama, podrá formar una mezcla vapor-aire inicial de algún grado de peligrosidad. La cantidad de fuga, las condiciones ambientales, la dirección y velocidad del viento y la distancia del equipo al punto de fuga, determina la probabilidad de ignición, la cual aumenta si el líquido que fuga está calentado arriba de su punto de ebullición. El factor se determina con la Gráfica

A-5 utilizando la curva A-1 para líquidos que puedan ser liberados arriba de su punto de flama y para polvos combustibles. La curva A-2 si el material puede ser liberado arriba de su punto de ebullicion. La distancia es considerada desde el punto de fuga a la entrada de aire al quemador.

Si el equipo de combustion es el que se esta evaluando o si esta dentro de area de proceso y el material puede liberarse arriba de su punto de flama, factor de 1.0.

Para equipos diseñados con quemadores a presion con entrada de aire a minimo 1 m del piso, el factor se reducira en 50%.

No se aplica un factor si el material es procesado abajo de su punto de flama.

K. Intercambio de Calor con Aceite

Los sistemas que utilizan aceites combustibles como medio de intercambio de calor, presentan un riesgo adicional al fuego cuando operan arriba de su punto de flama o de ebullicion. El valor del factor depende de la cantidad utilizada y de la temperatura de operacion sin considerar las partes del sistema usadas como almacenamiento o que no tienen alimentacion automatica, excepto si es la unidad estudiada.

Tabla A-3 Factores de Riesgo para Intercambio con Aceite

Cantidad (gal)	Sobre el Punto de Flama	Sobre el Punto de Ebullicion
menos de 5M	0.15	0.25
5M a 10M	0.30	0.45

10M a 25M	0 50	0 75
mas de 25 M1	0 75	1 15

L. Equipo Rotatorio

La evidencia estadística indica que los equipos rotatorios, como bombas y compresores, arriba de cierto tamaño contribuyen a producir incidentes de pérdida, por lo que las unidades de proceso con bombas mayores a 75hp, compresores desde 600 hp, agitadores y bombas de recirculación en los que una falla pueda originar un proceso exotérmico, tienen un factor de 0 50

V. DETERMINACION DEL FACTOR DE RIESGO DE LA UNIDAD (F3) Y DEL FACTOR DE DAÑO

El factor de riesgo de la unidad es el producto del factor de riesgos generales del proceso (F1) y el factor de riesgos especiales del proceso (F2), siendo cada uno la suma de los factores considerados más 1 0 que es la base del factor. El factor de riesgo de la unidad (F3) es la medida de la magnitud del daño probable por la exposición a la combinación de los factores utilizados en el análisis y es un valor entre 1 y 8 como máximo.

El factor de daño es la magnitud de daño probable y es función del factor de riesgo de la unidad y del factor material como se muestra en la Gráfica A-6

VI. DETERMINACION DEL INDICE DOW DE FUEGO Y EXPLOSION (IFE)

El IFE es la probabilidad de daño de un fuego o explosion al area determinada por el radio de exposicion y se calcula multiplicando el factor material por el factor de riesgo de la unidad

Aunque un fuego o una explosion no afectan un area perfectamente circular, por lo que no producen el mismo daño en todas direcciones, por depender de la direccion y velocidad del viento, posicion del equipo, drenajes, etc., para poder calcular el area de exposicion se considera circular y como la necesaria para retener un derrame de liquido inflamable de 8 cm de profundidad y los radios de sobrepresion de varias mezclas vapor-aire. Estos 2 tipos de exposicion se han relacionado con el IFE para determinar el radio de exposicion como se muestra en la Grafica 7-A

TABLA 4 CLASIFICACION DE RIESGO

IFE	TIPO DE RIESGO
1-60	Ligero
61-96	Moderado
97-127	Intermedio
128-158	Grave
mas de 158	Severo

VII. DETERMINACION DEL DAÑO MAXIMO PROBABLE A LA PROPIEDAD-BASE (DMPPb)

El DMPP base, se obtiene del valor de reemplazo del equipo dentro del area de exposicion

Valor de Reposicion = Costo original x 0.82 x Factor de Escalacion (SUsDils Cy)

0.82 es la correccion estadistica por partes no sujetas a reemplazo, como preparacion del lugar, cimentacion, lineas subterranas, ingenieria etc

En el calculo del DMPP base, se debe incluir el valor de los inventarios de productos, materias primas y materiales considerando el 80% de capacidad para tanques de almacenamiento, 70% de capacidad para bodegas y la capacidad de diseño de los recipientes y lineas de proceso, asi como los costos de ingenieria y diseño.

La suma de estos costos y del valor de reposicion multiplicada por el factor de daño da el DMPPb

VIII. FACTORES DE CORRECCION POR MEDIDAS DE CONTROL DE PERDIDAS

En el diseño y operacion de plantas y edificios, se consideran factores basicos de seguridad que contribuyen a minimizar la exposicion de un area donde pueda ocurrir un riesgo o a reducir la probabilidad y magnitud del riesgo. Estos factores se utilizan para

reducir el DMPP base a un valor actual y se han dividido en 3 grupos C1- Control de Proceso, C2- Aislamiento de Materiales y C3 Proteccion contra Incendios. Cada grupo contiene una serie de elementos afines, que al evaluarlos y multiplicarlos entre si, se obtiene el factor de cada grupo (C1, C2 y C3), el producto de los factores de grupo da el factor de correccion global ($C1 \times C2 \times C3 = C$), con este valor en la Grafica A-8, se obtiene el factor de correccion actual o definitivo. El producto del factor de correccion actual por el DMPP base da el DMPP actual.

C1- Control de Proceso

1. Energia de Emergencia para los servicios esenciales, factor 0.98
2. Sistemas de enfriamiento capaz de mantener un enfriamiento normal durante 10 min en una condicion anormal, factor de 0.99, si es capaz de dar el 150 % de los requerimientos en esos 10 min, factor de 0.97
3. Control de Explosiones para sistemas de supresion de explosion instalados en equipos que manejan polvos o vapores, o para equipos diseñados para contener una deflagracion, factor de 0.84, si hay dispositivos de venteo o alivio de explosiones, factor de 0.98. No se aplica ningun factor por contar dispositivos de alivio de presion normales.
4. Paro de Emergencia para sistema redundante activado condiciones anormales, factor de 0.98, si los equipos criticos rotatorios (turbinas, compresores, ventiladores, etc.)

tienen detector de vibraciones y solo alarma, factor de 0.99, si inicia el paro el factor es de 0.96

5 Control por Computadora Si la computadora es solo una ayuda para los operadores y no controla las operaciones claves directamente o si la planta se opera frecuentemente sin la computadora, factor de 0.99, si la computadora controla con fallas segura logica y control directo, factor de 0.97, si se utiliza alguna de las siguientes opciones, factor de 0.93

- a) Entrada a campos criticos redundantes
- b) Capacidad de abortar a salidas criticas
- c) Capacidad de registro de los sistemas de control

6 Gas Inerte Si los equipos que contienen vapores inflamables estan blanqueados con gas inerte, factor de 0.96, si la capacidad de gas inerte permite purgar toda la unidad, factor de 0.94 Este factor no aplica si la conexion de purga se opera manualmente

7 Instrucciones de Operacion Se suman los valores de los procedimientos e instrucciones siguientes que la unidad cubra y se aplica la relacion $1.0 - \sqrt{150}$, para el total el factor es 0.91, dependiendo lo claras, precisas y competas que sean

- a) Arranque - 0.5
- b) Paros de rutina - 0.5

- c) Operación normal - 0.5
- d) Baja en la operación - 0.5
- e) Condiciones de espera de corrida o recirculación/reflujo total - 0.5
- f) Condiciones sobre la capacidad de operación - 1.0
- g) Arranque después de paro - 1.0
- h) Arranque después de paro por mantenimiento - 1.0
- i) Procedimientos de mantenimiento, permisos, entrega, candado - 1.5
- j) Paro de emergencia - 1.5
- k) Modificaciones o adiciones a equipo y tubería - 2.0
- l) Situaciones anormales previsibles debidas a fallas - 3.0

8 Análisis de Reactivos Químicos si el programa es continuo como parte de la operación, factor de 0.91, si el análisis es ocasional, factor de 0.98. Este factor requiere que los operadores estén entrenados en el manejo de los reactivos y reciban reentrenamiento anual, se esta condición no se cumple, no se aplica ningún factor

C2 - Aislamiento del Material

1 Válvulas de Control de Remoto si aíslan secciones de transferencia, tanques de almacenamiento de proceso, factor de 0.98, si las válvulas se revisan y dan mantenimiento una vez por año, factor de 0.96

2. Descarga a Vertederos si se cuenta con un vertedero de emergencia con venteo y enfriamiento adecuados, que pueda recibir el contenido de la unidad de proceso, factor

de 0.98, si el vertedero esta en un area exterior al proceso, factor de 0.96. Si los vapores van a un flare o a un recibidor factor de 0.96.

- 3 Drenaje si el drenaje tiene una pendiente de 2 % y la trinchera es capaz de manejar el 75 % del contenido de proceso, factor de 0.91, si por diseño el drenaje puede manejar un 30 % del contenido de proceso pero queda estancado una cantidad importante, factor de 0.95. El area de tanques en diques no tiene factor, a menos que se puedan conducir los derrames a un colector localizado a minimo un diametro de tanque de distancia y con capacidad igual a la del tanque mas grande, factor de 0.95.
- 4 Interlock si el proceso cuenta con un sistema de interlock que prevenga flujo de material incorrecto o reacciones no deseadas, factor de 0.98.

C3 - Proteccion contra incendio

- 1 Deteccion de Fugas si se cuenta con detectores de vapores que alarmen e identifiquen la zona de fuga, factor de 0.98, cuando alarme antes del limite inferior de explosividad y actue el sistema de proteccion, factor es 0.94.
- 2 Acero Estructural si esta recubierto a una altura de 5 m, factor de 0.98, si esta recubierto de 5 a 10 m, factor de 0.97, si el recubrimiento esta a mas de 10 m, factor de 0.95. Si se utilizan rociadores para entriar acero estructura, factor de 0.98, sin aplicar ningun factor en el punto "Sistemas de Rociadores".

3 **Tanques Recubiertos** si el tanque tiene doble envolvente donde el segundo cuerpo pueda contener la carga total, factor de 0.91. Para tanques enterrados o que sobresalgan parcialmente del suelo, con pared de contencion, factor de 0.84

4 **Suministro de Agua** si la capacidad es la demanda maxima de agua contra incendio calculada para 4 horas, factor de 0.97, si es para 2 horas, factor de 0.99. El factor requiere un sistema confiable de bombeo segun lo especifica el NFPA 20

5 **Sistemas Especiales** si la unidad cuenta con sistemas de CO2, polvo quimico seco, detectores de humo, temperatura o ionizacion HALON, factor de 0.91

6 **Sistemas de Rociadores** factor de 0.97 para sistema diluvio, los sistemas seco y humedo tienen un factor de acuerdo con la densidad de diseño y el tipo de area que protegen

Ocupación	Densidad de Diseño gpm/ft ²	Sistema Humedo	Sistema Seco
Ligera	0.15 a 0.2	0.87	0.87
Ordinaria	0.21 a 0.34	0.81	0.84
Riesgo Extra	mayor igual a 0.35	0.74	0.81

Los factores se corrigen multiplicandolos por los siguientes: area <10M ft² = 1.06,
area >20M ft² = 1.09 y area >30M ft² = 1.12

7 Cortinas de Agua si se utilizan cortinas de agua a un minimo de 23 m de la fuente de vapores

a) Una sola hilera de boquillas a un altura maxima de 5 m factor de 0.98

b) Una segunda hilera de boquillas a un maximo de 2 m de la primera. factor de 0.97

8 Espuma si se puede inyectar solucion espumante al sistema diluio desde una estacion remota manual. factor de 0.94 Sistema de espuma automatico. factor de 0.92 Si hay estaciones de espuma en los tanques de techo flotante. factor de 0.97. si se utilizan detectores para activar el sistema. factor de 0.94. si se utilizan camaras de espuma o sistemas subsuperficiales en tanques de techo conico. factor de 0.95 si se cuenta con estaciones de espuma exteriores a los tanques de inflamables. factor de 0.97 si son manuales y de 0.94 si son automaticos

9 Extintores Portatiles - Canones Monitores si se cuenta con la cantidad suficiente de extintores. factor de 0.98 Si hay canones monitores suficientes. factor de 0.97. si se pueden operar desde un punto seguro. factor de 0.95

10 Proteccion de Cables si se protegen las charolas electricas colocando abajo lamina calibre 14 o 16 y un rociador dirigido a la parte superior. factor de 0.98 Si se usa material resistente al fuego sobre la charola. factor de 0.98 Si el cableado es subterraneo en trinchera. factor de 0.94

X. DETERMINACION DEL DAÑO MAXIMO PROBABLE A LA PROPIEDAD - ACTUAL

El valor del factor de correccion actual (C) multiplica al DMPP base para obtener el DMPP actual

X. DETERMINACIÓN DE LOS MAXIMOS DIAS PROBABLES FUERA DE OPERACION

Los MDPFO es el tiempo en que la unidad estara fuera de operacion debido a reparaciones y reemplazo del equipo, mas la perdida de capacidad de produccion por lo que esta en funcion del DMPP actual indicado en la Grafica A-8

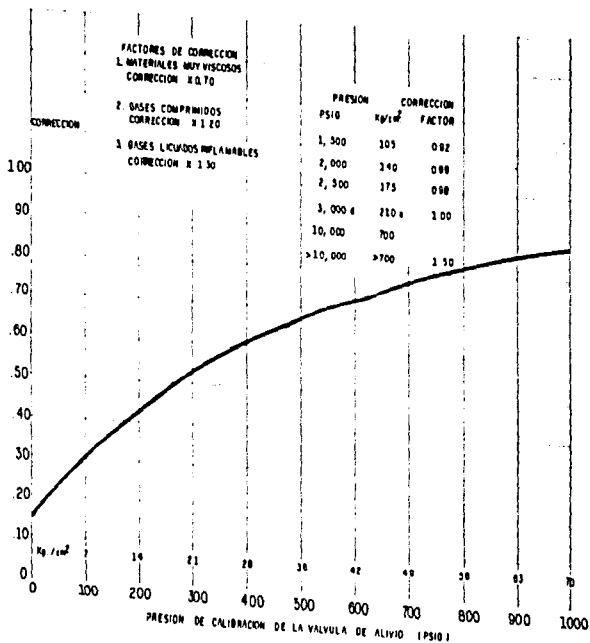
XI. DETERMINACION DEL COSTO POR INTERRUPCION DE NEGOCIOS

$$S \text{ Interrupcion de Negocios In } = (\text{MDPFO}/30) \times \text{SVPM} \times 0.7$$

S VPM es el valor mensual de la produccion y 0.70 es el rango de probabilidad que refleja el impacto en costos fijos y utilidades, ademas de que se cuenta con stock de equipos y partes criticas que minimizan los MDPFO y la IN

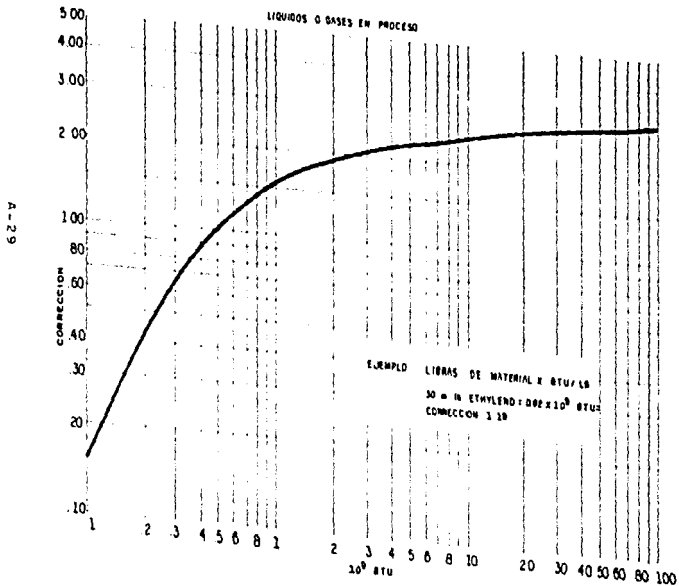
FACTORES DE RIESGO POR ALIVIO DE PRESION

A-2B



Gráfica A-1

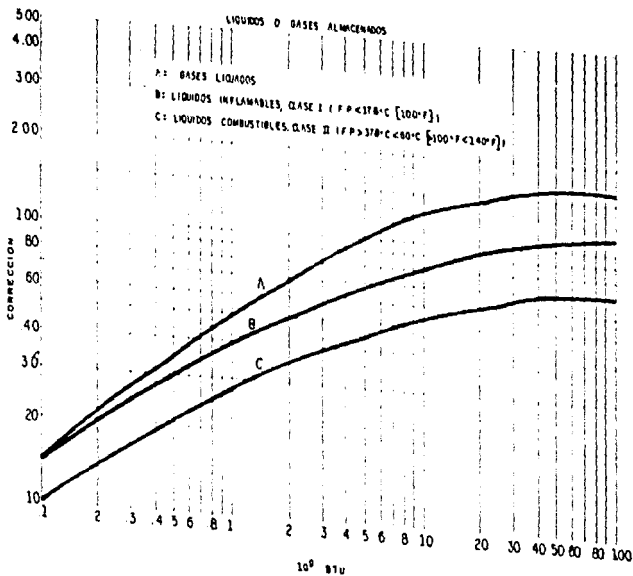
Factores de Riesgo por Cantidad de Material
Líquidos y Gases en Proceso



Gráfica A-2

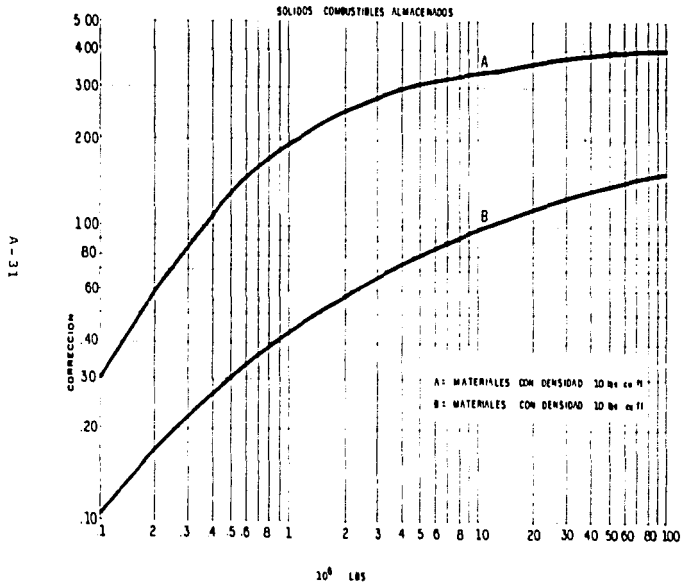
Factores de riesgo por Cantidad de Material
Líquidos y Gases Almacenados

A-30



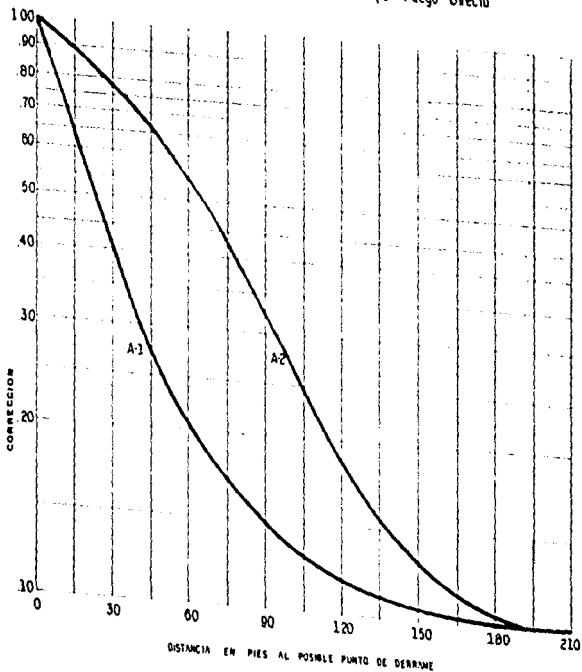
Gráfica A-3

Factores de riesgo por Cantidad de Material
Sólidos Combustibles Almacenados/Polvos Producidos en el Proceso



Gráfica A-4

Factores de riesgo por Equipos Calentados por Fuego Directo

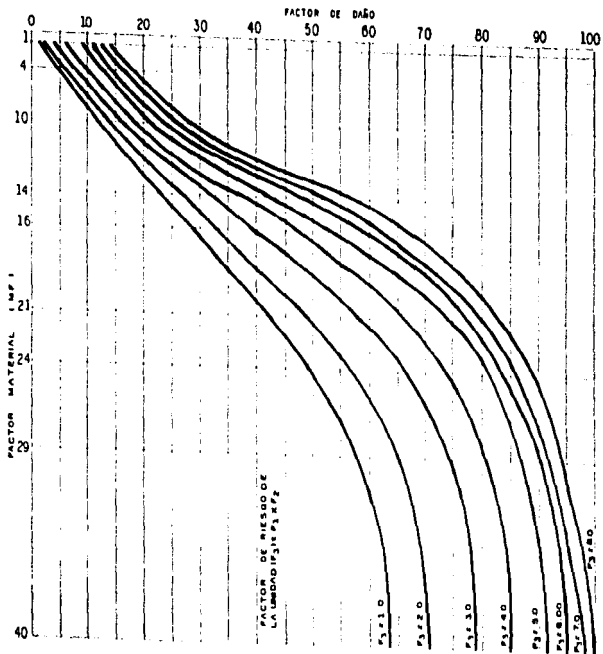


A-32

Gráfica A-5

Factor de daño de la Unidad

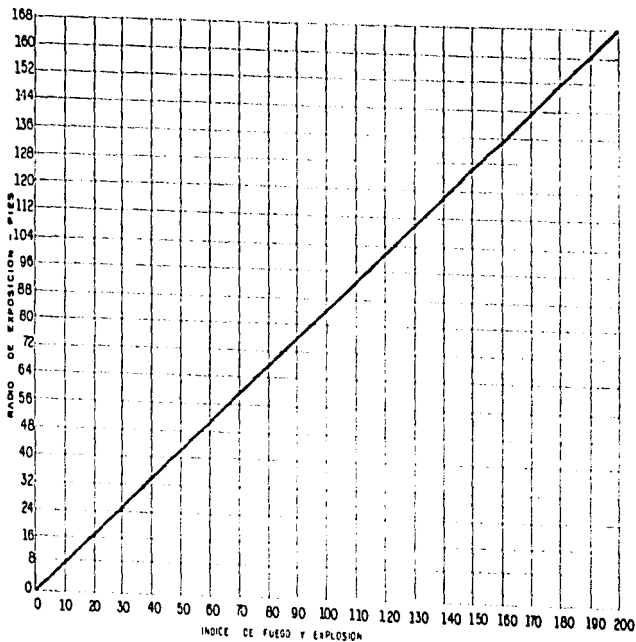
A-33



Gráfica A-6

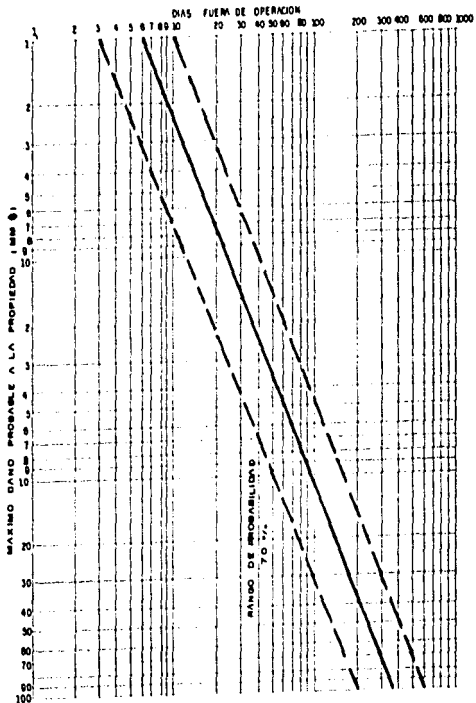
Area de Exposición

A-34



Gráfica A-7

Máximos Días Probables Fuera de Operación



APENDICE B: METODOLOGIA INDICE MOND

INDICE MOND DE FUEGO, EXPLOSION Y TOXICIDAD METODO DE APLICACION

I. DETERMINACION DEL FACTOR DE MATERIAL (B).

El primer punto para la aplicacion de la tecnica es el calculo del factor de Material del material clave (o mezcla de materiales) previamente identificado al listar los materiales, reacciones y operaciones incluidas en la seccion

El factor de material se define como una medida del fuego, explosion o energia potencial librada por el material clave a una temperatura de 25°C y a presion atmosferica (gas, liquido o solido). En el formato de trabajo el factor material se designa con la letra "B"

a) El Factor de Material para materiales normalmente inflamables se define como el calor neto de combustion en aire a 25°C del material clave en su estado normal a 25 °C y a presion atmosferica. El Factor de Material se calcula como sigue

$$B = \frac{\Delta H_c}{1000} \text{ donde } \Delta H_c \text{ se expresa en BTU/lb de material clave o}$$

$$B = \frac{\Delta H_c \times 1.8}{1000} \text{ donde } \Delta H_c \text{ se expresa en calorías/gr de material clave}$$

b) Materiales Poco Inflamables

El factor para materiales clave que tengas poca inflamabilidad o que se consideren como incombustibles en situaciones de transporte, no debe tomarse como CERO, debido a que se puede calcular un calor neto de combustión equivalente. Esto se hace con referencia a los calores de formación del material clave sus productos de combustión (en estado gaseoso) en la forma convencional. El Factor de Material a partir del calor neto de combustión equivalente se determina como sigue:

$$B = \frac{\Delta H_f \times 1.8}{M} \text{ donde } \Delta H_f = \text{calor equivalente de combustión en Kcal/grmo}^{\circ} \text{ de combustible}^{\circ}$$

$M = \text{peso molecular del combustible}$

Ejemplo de materiales poco inflamables:

Tricloroetileno 1 1 1 Tricloroetano, percloroetileno, cloruro de metileno, cloroformo

c) Materiales No Combustibles

Algunas veces el material clave puede ser de los que no dan calor neto de combustión con oxígeno. Ejemplos: agua, arena, nitrógeno, helio, tetracloruro de carbono, dióxido de carbono y hexafluoroetano. Para este grupo de materiales, que estrictamente no tienen Factor de Material, debe usarse un valor 0.1 a fin de permitir que el método sea efectivo.

d) Mezclas de Materiales Inflamables con Diluyentes

En caso de mezclas de materiales, se usa el Factor Material del componente más combustible o explosivo. A MENOS que siempre este una proporción fija de diluyente. En este caso se puede tomar el Factor de Material para el componente combustible y ajustarlo en base al peso y tomando $FM = 1.0$ para un diluyente inerte (o un valor más alto para materiales poco inflamables.)

e) Sólidos y polvos combustibles

Muchos materiales sólidos tienen valores de combustión que no son apropiados para usarse en el Índice Mond. Por ejemplo, cuando sólidos metálicos voluminosos u otros como materiales orgánicos como madera en gran volumen (otros que no sean granulados o más pequeños), se seleccionan como el material clave. En estos casos, se aplica un valor de $FM = 0.1$, a menos que el sólido combustible este en forma separada, granular o en polvo, lo que se reconoce como más peligroso que usando el mismo material en forma masiva. En estos casos de mayor riesgo, se calcula el Factor de Material basado en el calor de combustión del material.

f) Materiales de Composición no Especificada

Algunos materiales tales como gases combustibles, materiales patentados vendidos para aplicaciones especializadas, polvos mezclados (productos farmacéuticos), algunos polvos (harina, carbón etc.) pueden presentar dificultad para obtener el valor de calor de combustión (a menos que se cuente con datos de bomba calorimétrica). En algunas

situaciones se puede disponer de datos en la forma de presión de explosión de recipientes cerrados, que pueden convertirse en Factor de Material por la siguiente relación

$$B = \frac{P \times T}{288 \times 6.2} \quad \text{donde } P = \text{presión de explosión máxima en psig partiendo inicialmente de presión atmosférica}$$

$T = \text{temperatura inicial en } ^\circ\text{K}$

g) Combinaciones de Materiales que Pueden Reaccionar

Esto se refiere a combinaciones de materiales donde la cantidad de calor que se puede liberar excede del valor del calor de combustión para el material clave. Estas combinaciones surgen cuando se pueden mezclar en la planta cantidades de materiales oxidantes y reductores, y como ejemplo están las reacciones tipo "termita" reacciones de metales finamente divididos con solventes de hidrocarburos halogenados, reacciones de nitración o sulfatación.

Bajo estas condiciones, se calcula el calor de reacción de la combinación y se determina el Factor de Material como sigue:

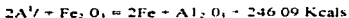
$$B = \frac{\Delta H_R^1 \times 1.8}{M^1}$$

donde

ΔH_R^1 = calor de reacción en Kcals/grmol de un componente.

M^1 = peso molecular del componente usado para calcular HR + el peso molecular equivalente del otro componente basado en el mecanismo de reacción.

Ejemplo de reaccion "termita" de aluminio con oxido ferrico



$$B = \frac{246.09 \times 1.8}{53.96 + 159.69} = 2.07$$

h) Materiales que tienen Potencial de Explosión o Descomposición de la fase condensada. Se considera bajo esta categoría la situación en la que cantidades apreciables de materiales tienen ALGUNAS propiedades de comportamiento de este tipo. Por ejemplo nitrometano, dinitrobenzeno, acetileno, nitrato propilico, peróxido de hidrógeno concentrado, peróxidos orgánicos, tetrafluoroetileno, etc. En estos casos es necesario establecer si el calor neto de combustión es mayor o menor que el calor neto liberado durante la explosión o descomposición. El valor de liberación de calor que sea mayor se usa para determinar el Factor de Material.

En los casos en que el material clave pueda formar una mezcla o producto que tiene potencial de explosión o descomposición en la fase condensada al exponerse al aire u otras condiciones, no se considerará este hecho en el cálculo del Factor Material, ya que el material modificado no representa el volumen total del material presente durante la operación de la unidad.

2. RIESGOS ESPECIALES DEL MATERIAL (M)

Los aspectos a revisar para determinar los Riesgos Especiales del Material tienen por objeto tomar en cuenta las propiedades específicas del material clave o cuando se mezcle con otros materiales como catalizadores los factores de riesgo se asignan en función de las circunstancias de uso de material clave en la sección que se estudia y no se definen por las propiedades del material clave aislado

A) Materiales Oxidantes

Se aplica cuando el material es capaz de liberar oxígeno bajo condiciones de fuego y a cualquier material que se clasifique como una sustancia oxidante en los reglamentos de transporte. El factor usado debe estar entre 0 y 20 y debe relacionarse con la cantidad de material oxidante respecto al material clave y a su poder oxidante. Ejemplo: oxígeno líquido, cloratos, nitratos, percloratos, peróxidos.

No se aplica un factor cuando el material oxidante se haya incluido como parte de una combinación especialmente reactiva en la determinación del Factor Material. No se debe aplicar en los casos reacciones de oxidación controlada o cloración, donde el abastecimiento de material oxidante o de cloración se controla de manera que no se libere ninguna cantidad bajo condiciones de fuego.

B) Materiales reaccionan con agua para producir gas combustible

Se consideran aquellos materiales que en estado normal o bajo condiciones de fuego reaccionan con agua para liberar gas combustible. Si la cantidad de material reactivo es lo suficientemente pequeña como para producir solo un fuego pequeño o un aumento insignificante del incendio, aplique un factor de hasta 5. Si el material reactivo es inflamable, no se aplica ningún factor. En los casos en los que la contribución al fuego de la reacción del material con agua es apreciable, se selecciona un factor de hasta 30. Ejemplos: carburos, sodio, magnesio, amidas metálicas alcalinas, hidruros, etc.

C) Características de Mezclado y Dispersión (m)

El grado de riesgo del material clave está en función de si se trata de un gas denso o ligero, líquido inflamable, gas licuado inflamable, material viscoso, etc., aunque el factor de material sea sensiblemente constante. Se selecciona un factor m para los aspectos de riesgo de mezclado y dispersión por fugas y derrames como sigue:

1 Gases Inflamables de Baja Densidad

A menos que estos estén a temperaturas bajo cero, se dispersan rápidamente y su contribución a los riesgos de fuego y explosión es menor que la de los gases con densidad igual a la del aire.

Hidrógeno - use un factor de -60 (menos 60)

Metano y Amoníaco - use un factor de -20 (menos 20)

Mezclas con otros materiales - use un factor proporcional basado en los valores arriba anotados y un factor CERO a la densidad del aire

2 Gases Licuados Inflamables

Un gas licuado inflamable se define como un material inflamable con una temperatura crítica arriba de -10°C y un punto normal de ebullición menor 30°C . Para estos gases se usará un factor de 30

3 Líquidos Criogénicos Inflamables

El material criogénico se define como un líquido que se almacena a o cerca de la presión atmosférica y a temperaturas de -73°C o menos

En los casos en que sean inflamables (como el hidrógeno líquido) se aplica un factor de 60

4 Materiales Viscosos

Si el material clave es altamente viscoso a temperaturas relevantes de la sección, se debe seleccionar un factor de -20 (menos 20), por ejemplo alquitran, betún, aceites lubricantes pesados, resinas, asfaltos, materiales tixotrópicos, etc

D) Sujetos a Calentamiento o Combustión Espontánea

A los materiales que pueden desarrollar efectos de calentamiento durante el almacenamiento o uso, se les asigna un factor de 30, ejemplos algunos peróxidos

orgánicos y almacenamiento en silos de carbon, materiales organicos como paja y pasto, nitrato de amonio, etc

A los solidos piroforicos (como sulfuro de hierro, metales reactivos, fósforo, etc) se les asigna un factor de 50 a 250 El valor el factor seleccionado debe referirse a la tendencia al fuego que surja de las particulas de solido piroforico y si hay impurezas inertes que reduzcan el grado de piroforicidad

A los liquidos piroforicos se les asigna un factor de 100

E) Polimerizacion Espontanea

Para materiales que se puedan polimerizar espontaneamente con rapida generacion de calor, cuando se sobrecalientan por fuego o contaminacion bajo condiciones normales de almacenamiento, use un factor de 75

F) Sensibilidad a la Ignicion

Se refiere a la sensibilidad a la ignicion en general del material clave con AIRE como oxidante No se incluye la piroforicidad

La guia para seleccionar factores de sensibilidad a la ignicion se basa en estandares de clasificacion electrica para equipo de gas y de vapor, CON cambios especificos en los casos en que el trabajo de estudio de riesgo requiera el reconocimiento de diferentes niveles de riesgo como se muestra en la tabla B-1

En la tabla B-1 se notaran variaciones entre los diferentes codigos de clasificacion relacionados con sensibilidad a la ignicion, y a menos que aparezca una guia especifica en la tabla mencionada, se debe usar el factor mas alto para sensibilidad a la ignicion

G) Sujetos a Descomposicion Explosiva

Una descomposicion explosiva se define como una reaccion acompanada por la liberacion de grandes cantidades de gases calientes que ocurre con suficiente rapidez para proporcionar una rapida reaccion o una explosion visibles a un observador

El factor 125 se asigna para el caso de etileno de alta presion, peroxidos concentrados vaporizados, vapor de oxido de etileno, acetileno a presiones abajo de una presion parcial de 20 psig, vapor de nitrato propilico, etc. Dicho factor tambien se debe aplicar al acetileno almacenado en cilindros conteniendo absorbente poroso inerte aprobado

No se debe aplicar ningun factor bajo este encabezado a materiales explosivos en fase condensada o a materiales sujetos a detonacion gaseosa

H) Sujetos a Detonacion Gaseosa

Ciertos materiales pueden dar lugar a detonacion gaseosa bajo condiciones normales de proceso o con el equipo especifico involucrado o cuando es necesario depender de la instrumentacion para conservar el material fuera de los rangos especificados de temperatura, presion, etc., para evitar detonacion

A estos materiales se les debe dar el factor de 150, ejemplos acetileno con una presion parcial de mas de 20 psig, tetrafluoroetileno bajo presion, peroxido de hidrogeno

concentrado, etc Este no debe aplicarse a combustibles que detonen cuando se mezclan con aire u otros soporte

I) Propiedades Explosivas de la Fase Condensada

Bajo este encabezado se consideran las propiedades propulsoras y detonantes explosivas de la fase condensada del material clave o de la mezcla Cuando el material tiene propiedades deflagrantes o de propulsion, se le asigna un factor entre 200 y 400

Cuando el material puede detonar, se le asigna un factor entre 500 y 1000

Cuando el material sea tal que una explosion de gas o de fase vapor inicie una explosion de fase condensada, ADICIONE 500

Debe tomarse en cuenta que el comportamiento de la fase condensada de un material es una funcion de la cantidad de material presente, la presencia de contaminantes y de inertes

J) Otro Comportamiento Extraño

Un ejemplo de riesgos especiales que pueden producir fuego espontaneo o explosion, es el hexano mezclado con 20% o mas de alquil aluminio, que provoca fuego espontaneo cuando se pone en contacto con el aire

3. RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (P)

A) Solo Manejo y Cambio Físico

El almacenamiento de materiales inflamables que cuente con protección adecuada (dique o equivalente) y este separado de las operaciones de carga y descarga se le asigna un factor de 10

Cuando un material que está siendo almacenado está caliente y tiene una fase acuosa separada, y/o el recipiente de almacenamiento está calentado con vapor, se usa un factor de 50

Las operaciones de proceso que incluyan manejo y cambio físico solamente y se llevan a cabo en sistemas cerrados con tubería permanentemente instalada (como destilación, absorción, evaporación, etc.) deben ser calificadas con un factor de 10

Los procesos como centrifugado, mezclado batch, filtración, etc., requieren un factor de 30

B) Reacciones Continuas Simples

Para reacciones endotérmicas y aquellas exotérmicas que se efectúen en soluciones diluidas de manera que el solvente pueda absorber todo el calor que se genere en la reacción sin crear una situación peligrosa. Se aplica un factor de 25, ejemplos reacciones

de separacion (cracking) e isomerizacion y tambien produccion de clorohidrina cuando la seccion del reactor contenga mas de 90% de agua

El factor de 50 se asigna a otras reacciones exotermicas como polimerizacion, cloracion, etc

A los procesos que incluyen materiales solidos como pulverizacion, mezclado, transportacion neumatica, tolvas, filtracion de polvos, secado de solidos, etc, se les asigna un factor de 50

C) Reacciones Batch Simples

El factor a aplicar se basa en el inciso B para reacciones continuas, MAS un factor adicional entre 10 y 60 para tomar en cuenta un posible error del operador. El factor escogido debe ser mayor cuando la reaccion batch sea rapida (menos de 1 hora) o lenta (mas de un dia). Las reacciones de velocidad media entre estos valores deben tener un factor bajo

D) Reacciones Multiples o diferentes operaciones de proceso efectuadas en el mismo equipo

Se debe incluir otro factor entre por el riesgo de contaminacion de una a otra reaccion o por bloqueo de solidos. El procedimiento es considerar las reacciones individuales u operaciones bajo los incisos A) B) o C) (el que aplique) y seleccionar el factor mas alto para la reaccion y operacion individual

Se debe aplicar un factor de contaminación cuando las reacciones u operaciones difieran considerablemente una de otra o cuando se use el reactor para hacer otro tipo de producto en el que la contaminación afecte a la reacción. Aplique un factor de hasta 50 de acuerdo con el grado de contaminación.

Donde haya una alteración en el orden de tiempo o de admisión de reactivos en una situación multi-reacción, que pueda conducir a reacciones inesperadas, aplique un factor de hasta 75.

Si por la multiplicidad de reacciones u operaciones se tiene un riesgo de bloqueo debido a las reacciones de subproductos, use un factor de 25.

E) Transferencia de Materiales

En este inciso se consideran los riesgos adicionales asociados con métodos específicos de llenado, vaciado o transferencia de materiales.

- 1) Solamente donde haya tubería permanentemente instalada, completamente cerrada, aplique un factor de CERO.
- 2) Donde haya tubería flexible o donde la operación requiera la conexión o desconexión de tubería use un factor de 25.
- 3) Donde las operaciones de llenado o vaciado se efectúen a través de compuertas u otras tapas o salidas inferiores (por ejemplo reactores batch, mezcladores, centrifugas, filtros) use un factor de 50.

- 4) Cuando en una operación de transporte se este usando tubería flexible o que se pueda quitar y que también requiera el uso de conexiones para venteo simultáneo o purga de gas inerte, aplique un factor adicional de 50

F) Recipientes Transportables

Si los tambores, tanques desmontables, pipas y carros-tanques están bien cerrados (excepto cuando se llenan o se vacían), las consecuencias de choques, fuego externo y otros incidentes pueden ser mayores que en las unidades fijas de las plantas debido a que el venteo disponible es mínimo. Este inciso considera los riesgos adicionales causados por esta razón, también se ha tomado en cuenta el caso de tambores llenos de vapor y otros recipientes.

- 1) Cuando se trate de tambores llenos (que no estén en vehículos de transporte) use un factor de 25
- 2) Cuando se trate de tambores llenos en vehículos de transporte use un factor de 40
- 3) Cuando se trate de tambores vacíos (en o fuera de vehículos) use un factor de 10
- 4) Cuando se trate de pipas o trailers, use un factor de 100
- 5) Cuando se trate de carros-tanque use un factor de 75

4. RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO (S)

En esta sección los factores se asignan con respecto a las características de operación del proceso, almacenamiento, transporte, etc., que intensifiquen el riesgo total sobre la

clasificación determinada por las características del material clave y del proceso u operación básica de que se trate, siendo de la mayor importancia hacer una estimación correcta de las medidas de control y de protección con que se cuente

A) Baja Presion

Cuando los procesos operan a presión atmosférica o al vacío (condiciones subatmosféricas), el aire o contaminantes pueden entrar al sistema de proceso. Cuando el aire u otro contaminante (por ejemplo vapor de agua) no represente un riesgo, no se necesita aplicar un factor, ejemplo unidades que contienen freon o carbon unidades de compresión de cloro sistemas de condensación de agua etc. Si el aire a los contaminantes que entren al sistema reaccionan con materiales presentes para producir una riesgosa, aplique un factor de 50 por ejemplo el manejo de diolefinas (dioxano) donde hay el peligro de formación de peróxido y polimerización catalítica subsiguiente, el manejo de materiales piroforicos.

Los procesos que operan casi a presión atmosférica (definida como ± 0.5 psig o ± 0.35 bar) o al vacío (hasta un diferencial de 600 mm hg) con materiales inflamables presentan un gran peligro por el riesgo de explosión originado por la entrada de aire al sistema. En tales casos se aplica un factor de 100. Ejemplos sistemas colectores de hidrogeno, destilación, destilación a vacío parcial de líquidos inflamables.

Los procesos que operan a alto vacío (diferencial superior a 600 mm Hg) con materiales, presentan un riesgo menor y se aplica un factor de 75

B) Alta Presion (p)

Donde se opera una unidad de planta a una presion mas alta que la atmosfera, se requiere un factor para compensar la intensidad de riesgos de fuego y de explosion interna. Los riesgos de fuego se aumentan si se aumenta la presion de la seccion y por lo tanto el riesgo de una explosion interna. Se aplica un factor P para representar el peligro de alta presion, el cual se determina por medio de la Fig. 1. El rango 0-999 psig (0-62.1 bars man) se grafica como la curva principal, con una segunda curva para el rango 1000-10,000 psig (69 a 690 bars manometricos).

Los sistemas que operen a mas de 3000 psie (207 bars manometricos) involucran un riesgo considerable de un escape grande de fluido descargado a la atmosfera (excepto cuando se trate de semisolidos como es en las operaciones de moldeo por extrusion o inyeccion) por lo que la curva de la Grafica B-1 aumenta mas rapidamente arriba 3000 psig (207 bars manometricos) debe aumentarse el factor p en 10 por cada 2500 psig adicionales (172.4 bars).

C) Baja Temperatura

Donde los equipos instalados son de acero al carbon normal a las temperaturas normales de operacion oscilen entre 10°C (50°F) y -10°C (14°F) asigne un factor de 1.5.

Cuando se use acero al carbon normal a temperaturas normales de operacion entre -10°C (14°F) y -25°C (-13°F) sin posibilidad de alcanzar temperaturas menores a -25°C bajo cualquier condicion, asigne un factor de 3.0.

Donde se use acero al carbon normal a temperaturas normales de operacion abajo de -25°C (-13°F) o donde haya posibilidad de alcanzar temperaturas menores a -25°C bajo condiciones anormales, asigne un factor de 100

El proposito de esta seccion es tomar en cuenta la posible fragilizacion de unidades de acero al carbon al ser operadas a una temperatura igual a menor a la de transicion. Sin embargo si las pruebas muestran que el acero al carbon se encontrara siempre sobre su temperatura de transicion no se aplica ningun factor

Cuando se usan grados de acero para temperaturas aleaciones de acero u otras aleaciones resistentes a la corrosion se aplicara un factor entre 0 x 30 pero ocasionalmente hasta 100 cuando la temperatura normal de operacion difiera en menos de 10°C de la temperatura de transicion (tomando la temperatura normal de transicion del acero al carbon como 0°C). Se debe buscar la guia de los Especialistas en Diseño de Recipientes a Presion y de Metalurgistas para los valores de la temperatura de transicion de aleacion de aceros, y para los efectos que se pueden anticipar al usar contracciones de paredes gruesas

D) Alta Temperatura

La operacion a alta temperatura presenta un efecto doble primero aumenta los riesgos al manejo de material inflamable, y asegundo la resistencia del equipo de planta se puede ver afectada negativamente

- 1 - Los efectos de la alta temperatura en los riesgos del material dominante presente son mayores cuando el material es un liquido inflamable, pero tambien son significativos con gases y vapores inflamables**

Cuando la unidad contenga el material dominante en fase liquido o solido, asigne el factor de inflamabilidad por alta temperatura como sigue

- 1.1 Cuando un liquido o solido inflamable este arriba de su Flash Point de copa cerrada, use un factor de 20**
- 1.2 Si el liquido o solido esta por arriba del Flash Point de copa abierta, use un factor de 25**
- 1.3 Si el material dominante esta en fase liquida a una temperatura arriba de su punto de ebullicion a 760 mm Hg, use un factor de 25. Esto tambien se aplica en el caso de Gases Licuados Inflamables presentes en la seccion como un Liquido**
- 1.4 Si el material es un solido o temperatura normal, pero se presenta en la unidad en fase liquida, use un factor de 10**
- 1.5 Si el material (ya sea su estado normal gas, liquido o solido) se maneja arriba de su Temperatura Normal de Auto Ignicion, use un factor de 35**

Cuando algun material cae bajo varios de estos criterios se usa el factor mas grande, o donde los factores sean iguales, se debe usar un factor de 1.1 veces el factor individual

2 - Se debe asignar un factor adicional, cuando aplique para el efecto de la temperatura sobre la resistencia del equipo de la planta, como sigue:

2.1 Si la temperatura es tal que el material (metales, plásticos, plomo, etc.) usado para construir los equipos de la planta se opera bajo condiciones de esfuerzo longitudinal o progresivo, aplique un factor de 25.

2.2 Si la temperatura de operación está en el rango donde la resistencia permisible del material de construcción se reduce en un 25% o más por un aumento en la temperatura de 50°C, aplique un factor de 10.

3 - Anote la temperatura de proceso en °K como el valor de t .

E) Riesgos de Corrosión y Erosión

1) Velocidad de corrosión menor que 0.1 mm/año, factor de 0.

2) Velocidad de corrosión menor que 0.5 mm/año con algún riesgo de perforación o erosión local, factor de 10.

3) Velocidad de corrosión cerca a 1 mm/año con o sin efectos de erosión, factor de 20.

4) Velocidad de corrosión mayor que 1 mm/año sin efectos de erosión o hinchazón de plásticos, factor de 50.

5) Velocidad de corrosión mayor 1 mm/año acompañada de efectos de erosión, factor de 100.

6) Alto riesgo de desarrollo de tensión y agrietamiento, factor de 150.

7) Cuando un tubo soldado en forma espiral se usa en lugar de un tubo longitudinal o fundido, se usa un factor de 100 A MENOS que la calidad del tubo y su uso se

controle de manera que su comportamiento no este por abajo del tubo longitudinal soldado

Estos factores deben asignarse tanto con respecto a la corrosion INTERNA como a la EXTERNA. Cuando la planta se construye con revestimientos resistentes (plasticos, ladrillos, hule, metales recubiertos, etc) los efectos del resquebrajamiento en los agujeros para espigas, uniones con cemento, soldaduras contaminadas, etc , se deben tomar en cuenta en todos los problemas de corrosion. Igualmente se deben revisar los efectos de la corrosion de subproductos normalmente producidos cuando la reaccion deseada se inhibe o modifica

F) Riesgos de Justas y Empaques

Estas partes pueden causar problemas, particularmente donde se tiene ciclos de temperaturas y de presion. Se selecciona un factor de acuerdo con el diseño y los materiales escogidos para estas partes

- 1 Construcción soldada para la mavoria de las uniones, mas uniones con bridas diseñadas para no causar problemas, cuellos de bombas y valvulas bien sellados (posiblemente con fuelles o doble sello mecanico), factor de 0
- 2 Uniones bridadas que llegaran a tener fugas regulares de menor cuantia, factor de 30
- 3 Sellos de las bombas que podrian tener fugas de menor cuantia, factor de 20

- 4 Problemas mayores de sello en el proceso, (fluido del proceso que penetra, lodos abrasivos, etc) factor de 60

G) Riesgos de Vibracion y de Fatiga por Carga Ciclica y Fallas de Cimentacion y Soportaria

Algunos tipos de operaciones, tales como unidades de comprension, introducen vibracion en equipos asociados y tuberias. Efectos similares en un periodo mas largo de tiempo se pueden producir en un equipo donde las condiciones de temperatura y presion varian ciclicamente dentro de un rango razonable. Ambas situaciones introducen riesgos de fatiga en el equipo que intensifican el riesgo de seccion. En estos casos aplique un factor de HASTA 50, de acuerdo con el grado de riesgo (esto se puede reducir con un diseño apropiado del equipo involucrado)

Otros tipos de operacion (operaciones de llenado de pipas, carros-tanque, estructuras elevadas, etc) pueden introducir riesgos si los cimientos u otros soportes de estructuras fijas, tales como puentes de tuberias, se debilitan por corrosion, abrasion, mal diseño de la cimentacion, refuerzos de luz inadecuados, etc. Donde estas son fuentes potenciales de riesgos de la unidad, se asigna un factor de HASTA 30 de acuerdo con las consecuencias que ocasione la falla

Cuando un recipiente se coloca sobre celdas de carga o estructura similar de tal manera que los movimientos laterales pueden causar inestabilidad al recipiente, use un factor de 50

H) Procesos o Reacciones Dificiles de Controlar

Cuando se llevan a cabo reacciones exotermicas o en casos en los que se debe evitar una reaccion lateral exotermica, hay una gran posibilidad de que la reaccion quede fuera de control Ejemplos nitraciones, algunos polimerizaciones y reacciones Friedel-Crafts

A la operacion de un proceso a temperatura normal dentro de 20° C del limite de temperatura especificado por seguridad para dicho proceso (definido con respecto a la capacidad real de operacion y materiales de construccion) se le asigna un factor de 100

Se asignan factores en el rango entre 20 y 300 para otros aspectos de dificil control, dependiendo de la dimension del factor, de la influencia de impurezas y cantidad de catalizador, de la sensibilidad general de la reaccion a condiciones subitas fuera de control sin cambios de avance detectables, etc

Para determinar el valor del factor a aplicar, se debe considerar el efecto de inercia a cambios del material en una unidad Con reacciones liquido-liquido y liquido-gas, hay una cantidad amortiguadora que actua como un agente buffer en los riesgos introducidos por un cambio en el flujo de un material En estas situaciones, se considera un valor en el rango de 20 a 75 En el caso de sistemas de gas o fase de vapor, el tiempo de residencia es mucho mas corto y los efectos de un cambio en velocidad de un material son mas pronunciados, por lo que se seleccionan factores en el rango de 100 a 300, de acuerdo con el grado de dificultad de control esperada

I) Operacion en o Cerca del Rango Inflamable

No se aplica a las unidades de proceso que operan a baja presion. Los limites de inflamabilidad son considerados en bajo este apartado son aquellos reportados en el NFPA 325 M

En el caso de almacenamiento de liquidos inflamables dentro de recipientes cerrados que no tiene venteo atmosférico, se usa un factor de 25 si el espacio de vapor puede caer dentro del rango inflamable por venteo accidental

Se asigna un factor de 150 a los tambores vacios u otros recipientes que hayan contenido materiales inflamables y no hayan sido descontaminados o purgados totalmente

Donde se almacenan liquidos inflamables de manera que el espacio de vapor este (bajo condiciones normales o de equilibrio) fuera del rango inflamable, pero que puedan entrar en el rango inflamable durante el llenado o vaciado, o en otras situaciones infrecuentes pero normales, se usa un factor de 50. Por ejemplo, tanques de almacenamiento de gasolina y crudo (normalmente ricos en combustible) que pueden producir una atmosfera inflamable si se vacian rapidamente

Igualmente un liquido inflamable almacenado a una temperatura por abajo de su flash point de copa cerrada puede producir un espacio de vapor inflamable por la entrada de liquido caliente, formacion de neblina y donde se tiene un llenado de golpe (sin evitar salpicaduras) se usa un factor de 50

Las reacciones de proceso y otras operaciones que se efectuen cerca del rango inflamable donde se debe tener confianza en la instrumentacion para permanecer fuera de los limites de inflamabilidad, se aplica un factor de 100. Un ejemplo es la oxidacion de tolueno a acido benzoico con aire.

Se les asigna un factor de 150 a los procesos que siempre operen dentro del rango inflamable. Un ejemplo es la destilacion y/o vaporizacion del oxido de etileno.

J) Riesgo de Explosion Mayor que el Promedio

Para los procesos que usen liquidos inflamables o gases licuados inflamables a temperaturas y presiones tales que una fuga resulte en rapida vaporizacion y formacion probable de concentracion inflamable en una gran parte del edificio o atmosfera circundante, se aplica un factor de 40.

A los procesos con riesgo de explosion de vapor se les asigna un factor de 60, por ejemplo procesos donde el agua de enfriamiento se usa en conjunto con circuitos de sal fundida.

A los procesos susceptibles de acumular contaminantes que puedan causar una explosion, se les asigna un factor de 100, por ejemplo plantas de separacion de aire, almacenamiento de oxido de etileno, etc.

Para cualquier proceso donde por la experiencia que se tiene se sospeche que la escalacion en tamaño pueda afectar la reactividad y aumentar la naturaleza peligrosa de la operacion, aplica un factor de por lo menos 60, ejemplos el uso o gran escala de quimicos sensibles tales como el etileno, acetileno, oxido de atileno, presurizados o el cambio de un proceso de reactores de serpentin a reactores Kettle, etc

Donde los subproductos corrosivos o residuos puedan acumularse en la unidas y producir la descomposicion de los materiales que estan siendo procesados, se aplica un factor de por lo menos 50

Donde se almacenen gases licuados inflamables bajo refrigeracion y en los casos de almacenamiento criogenico de liquidos inflamables u oxidantes, aplique un factor de 80

K) Riesgo de Explosion por Polvo o Neblina

Se aplica un factor para este riesgo cuando bajo condiciones normales o ligeramente anormales se pueda desarrollar un potencial de explosion por polvo o neblina

Si se sabe que un proceso bajo condiciones y variaciones definidas no origina un riesgo por polvos, no se necesita ningun factor, por ejemplos El manejo y transporte controlado de pellets de polietileno, donde no exista peligro de polvo

Para procesos donde los materiales se manejen de manera que los riesgos de explosion por polvo o neblina dentro o fuera del equipo puedan producirse unicamente por ruptura

o falla del equipo use un factor de 30 Ejemplos aceite hidraulico de alta presion, oxido de difenilo, sistemas de azufre o naftaleno fundido

Si en el proceso o la operacion se manejan liquidos a una temperatura que sea susceptible de ignicion o explosion de manera que pueda haber formacion de neblina adentro del equipo, aplique un factor de 50 Por ejemplo Sistemas Dowtherm de transferencia de calor y el bombeo de aceites hidraulicos calientes, aceites minerales, aceites fluidizantes, etc

En los procesos en los que el riesgo de formacion de polvo o neblina casi siempre esta presente, se les asigna un factor de 50 a 70 El manejo de polvos finos que se clasifican como explosivos es ejemplo de lo anterior y el valor del factor debe relacionarse con el grado de riesgo presentado por el polvo La neblina se considera de igual manera

L) Procesos que Usan Oxidantes Gaseosos Muy Fuertes

La liberacion de energia potencial de procesos que usan oxigeno, mezclas de aire-oxigeno, oxidos de nitrogeno y cloro, es un riesgo mayor que en los procesos de oxidacion con aire a la misma temperatura y presion Se debe hacer una consideracion basada en la concentracion maxima del soporte en la corriente del proceso de la planta bajo la base del combustible

1) Donde el oxigeno se use como oxidante, use un factor de 300

2) En el caso de aire enriquecido por oxígeno, aplique un factor calculado de acuerdo con el x% de oxígeno disponible en el aire enriquecido

$$(x - 21) \frac{300}{79}$$

3) Donde se use cloro sin dilución, aplica un factor de 125

4) Si el cloro se diluye con un inerte hasta una concentración de y% Cl_2 , en una base de combustible, use un factor dado por

$$(y - 39) \frac{125}{61}$$

5) Donde N_2O o NO_2 se usan sin ser diluidos, el aumento en la liberación de energía potencial es similar al del oxígeno. Por lo tanto, se usa un factor de 300

6) La dilución de N_2O o NO_2 se trata igual que la del oxígeno diluido (inciso 2)

7) Si el Óxido Nítrico sin dilución es el oxidante, se usa un factor de 230

8) En lo que se refiere al óxido nítrico diluido, se calcula el factor basado en la composición % del óxido nítrico, como sigue

$$\text{Factor} = (z - 26) \frac{230}{74}$$

9) En caso de oxidantes mezclados, recurra a especialistas

No se deben dar factores negativos para las condiciones en las que el soporte se diluye abajo del equivalente de aire, ya que el aire puede entrar al equipo de la planta durante una operación normal

M) Sensibilidad a la ignición

Al igual que los efectos anteriores sobre la liberación de energía potencial, se debe introducir un factor separado para ajustar una mayor sensibilidad a la ignición de algunas mezclas comparada con el mismo material en el aire. Este factor se usa para tomar en cuenta la posible formación de sub-productos piroforicos, peróxidos inestables, etc., que pueden actuar como fuentes de ignición

El factor se selecciona como sigue

- 1) Si O_2 concentrado, N_2O o NO es el oxidante, use 50
- 2) Donde Cl_2 concentrado o NO_2 es el oxidante, use 75
- 3) Donde el oxidante se diluye, use un factor linealmente proporcional, de manera que de un factor cero a 21% O_2 , 21% N_2O , 26% NO , 21% NO_2 Y 39% Cl_2

4) Donde es probable que el proceso produzca materiales pirofóricos, que puedan provocar ignición en espacios de vapor o donde es probable que se formen pequeñas cantidades de materiales inestables (como peróxidos), use un factor de 2.5

N) Riesgos Electrostaticos

Los riesgos electrostaticos se pueden crear cuando una unidad contiene a) polvos y materiales granulados en movimiento, b) liquidos puros de gran resistividad, c) liquidos que contienen dos fases, d) descargas de gas que contienen dos fases y e) cuando el equipo en estudio esta hecho de materiales aislantes o tiene recubrimientos aislantes (ejemplo plasticos y hule)

El comportamiento de POLVOS Y MATERIALES GRANULADOS de alta resistividad (ejemplo materiales en polvo o forma granular a partir de los que se elaboran los aislantes electricos) puede generar cargas electrostaticas cuando fluyen dentro de equipos de la planta, ductos, silos, etc. El riesgo se aumenta cuando se trata de volúmenes considerables de material, ya que la carga en las particulas solo puede pasar a tierra lentamente

Si el equipo esta recubierto con materiales aislantes, el riesgo es mayor

Para este riesgo, se aplica un factor de entre 2.5 y 7.5 mas un factor adicional de 50 si el equipo es de material aislante o tiene recubrimientos aislantes (incluyendo recubrimientos de polietileno no fijos para tambores)

LOS LIQUIDOS ORGANICOS de alta resistividad tambien pueden generar cargas electrostaticas cuando son bombeados a altas velocidades o caen libremente en superficies liquidas dentro de los recipientes o pasan a traves de filtros y unidades similares. Cuando se trata de liquidos sustancialmente puros (no contaminados por una segunda fase de material como agua u otro material en particulas) el potencial de generacion de cargas electrostaticas peligrosas durante las operaciones la transferencia puede relacionarse con la resistividad electrica del liquido puro. Si la resistividad electrica del liquido puro es menor de 10^{11} ohms cm, se considera que el manejo del LIQUIDO PURO presenta riesgos minimos de generacion de carga electrostatica. Si el liquido se va a manejar en estado contaminado o si la pureza en la operacion puede ser tal que se espere un vapor de resistividad mas alto, se recomienda que los riesgos se consideren minimos si la resistencia es menor de 10^9 ohms/cm. Los combustibles que generalmente se encuentran en esta categoria de riesgo son gasolina, nafta, benceno, tolueno, parafinas, sileno, etc. Alcoholes, cetonas, aldehidos y esterers generalmente tienen baja resistividad.

Los sistemas acuosos tienen resistividad que son mas bajas (10^7 ohms cm o menos) y en general no presenta ningun potencial de generacion de carga, ya que cualquier carga formada, rapidamente se descarga a tierra. Al otro extremo de la escala, un hidrocarburo es esencialmente no-conductor y tiene una resistividad muy alta. Como resultado, los valores de resistividad del liquido estan en funcion del nivel de pureza y de la naturaleza de las impurezas. Las listas de los valores de resistividad no siempre se encuentran en los documentos de referencia sobre propiedades de liquidos. PARA EL LIQUIDO EN

CUESTION. ESTE DATO DEBE SOLICITARSE EN ESTADO SIMILAR AL PREVISTO EN LA UNIDAD Se aplica un factor entre 10 y 100 cuando se prevean riesgos de carga electrostatica en liquidos. Se debe buscar la guia de un experto en esta materia cuando esten presentes dos fases (particulas o un segundo liquido inmiscible) y seleccionar un factor de 50 a 200. Algunos GASES, cuando se descargan a gran velocidad, tambien pueden generar cargas electrostaticas, por ejemplo dióxido de carbono gaseoso, vapor humedo, gases contenido particulas solidas. Esto tambien es un asunto para que un experto decida un factor en el rango de 10 A 50

5. RIESGOS DE CANTIDAD (Q)

En este punto se asigna un factor para los riesgos relacionados con el uso de grandes cantidades de combustibles, inflamables, explosivos o materiales que puedan descomponerse

Debe calcularse la cantidad total de material en la "seccion" estudiada (incluyendo tuberia, tanques de alimentacion, columnas, asi como recipientes de reaccion), por medio de volumen y densidad o directamente como peso de material. Haciendo referencia a gases, solidos, liquidos y mezclas, con base al peso, se logra una comparacion logica de riesgo

La cantidad de material se registra como cantidad total en peso

Se asigna el factor de cantidad por medio de 3 graficas B-2, B-3 y B-4), relacionandolo con el peso de material en toneladas. Se debe usar el valor minimo de 1 para una cantidad menor o igual a los 100 kgs. El factor de cantidad ha sido extrapolado hasta 100,000 Tons

6. RIESGOS POR EL ARREGLO DEL EQUIPO (L)

Un aspecto importante es la altura a la que se encuentra en cantidades considerables el material inflamable. Para considerar aspectos relacionados con el arreglo de equipo en la seccion, es necesario especificar las principales dimensiones de esta. La ALTURA de una seccion se define como la altura arriba del piso terminado de la UNIDAD DE PROCESOS o de la TUBERIA DE TRANSFERENCIA DE MATERIALES mas alta. La tuberia de venteo y las estructuras para levantar vigas no se usan para determinar la altura, pero la posicion de las tuberias principales de salida de la columna de reaccion o destilacion, los condensadores de productos del domo, recipientes de alimentacion elevados, deben tomarse en cuenta. La altura en metros se identifica como H para el calculo de indices.

El area normal de trabajo de una unidad de proceso se define como el area plana de la estructura asociada con la unidad, agrandada cuanto sea necesario para incluir bombas o tuberia y equipo que no esten dentro del area de la estructura. Se debe considerar como el area rodeada por una cerca de longitud minima colocada alrededor de la estructura de

la unidad y equipos auxiliares. El área normal de trabajo en metros cuadrados se identifica como N.

El área normal de trabajo de una sección de un rack de tubería se define como el área cubierta por el ancho máximo del rack multiplicado por la distancia entre centros de polos de soporte o refuerzos.

En el caso de un tanque (o tanques) de almacenamiento con dique alrededor, tomando como una sección, al área de trabajo se define como el área plana del tanque, mas el área local ocupada por cualquier bomba y tubería asociada cuando estas se incluyen en la sección de la planta que está siendo estudiada. El total del área rodeada NO se debe usar como área normal de trabajo.

En el caso de tanques de almacenamiento enterrados, el área normal de trabajo se define por la posición de los contornos del tanque cuando estos no estén mas de 10 metros por abajo del nivel del piso. Para almacenamientos subterráneos localizados a profundidades mas grandes, el área normal de trabajo se define por la posición en plano de las entradas-hombre y conexiones de tuberías a nivel del piso o a menos de 10 metros de la superficie.

A) Diseño de la Estructura

Aunque el arreglo del equipo en una cantidad incluye muchos factores que no se pueden prever en un análisis preliminar de riesgo global, hay algunos aspectos clave que pueden

identificarse fácilmente y ser tratados como sigue. Se debe aplicar un factor para estructura de acuerdo con los siguientes indicaciones:

- 1) Para estructuras abiertas de proceso sin pisos intermedios sólidos o diques locales y con más de 5 Ton de material inflamable presentes en un recipiente cuya base tenga una elevación de 7 m sobre el nivel del piso, factor de 50.
- 2) Para estructuras abiertas de proceso, de altura de más de 7 m, conteniendo entre 1 y 5 Ton de material inflamable arriba de los 7 m, sin pisos intermedios sólidos o diques locales, factor de 30.
- 3) Para estructuras abiertas de proceso, de altura de más de 7 m, donde hayan sido adaptados diques individuales abajo de todos los recipientes elevados que contengan 1 Ton o más de material inflamable, factor de 15.
- 4) Para estructuras abiertas de proceso sin pisos intermedios sólidos o diques y con una altura menor de 7 m, conteniendo más de 5 Ton de material inflamable en o arriba de una elevación de 3 m sobre el nivel del piso, factor 25.
- 5) Para estructuras abiertas de proceso, con altura menor de 7 m, conteniendo de 5 Ton de materiales inflamables con o sin diques locales o con o sin pisos intermedios sólidos, factor de 10.

- 6) Para áreas de procesos cerradas que tengas ventilación menor de 6 cambios por hora y contengan mas de 5 Ton de material inflamable por piso (piso solidos) factor de 100
- 7) Para áreas de procesos cerradas que tengas ventilacion de mas de 25 cambios por hora, conteniendo 5 Ton o mas de material inflamable, factor de 20
- 8) Para casos de compresor donde se manejen gases inflamables, aplique un factor de 200 si las paredes son continuas hasta el nivel del piso, pero en caso de un cobertizo con ventiladores de caballetes, estilo Dutch aplique un factor de 40
- 9) Si la unidad es un edificio o estructura conteniendo materiales inflamables que tengan una densidad de gas o vapor relativa a la del aire de 3 o mas y el patron de ventilacion sea solamente hacia arriba, factor de 100. Si la unidad esta sujeta a ventilacion natural solamente, use un factor de 50. Si se cree que el material inflamable va a formar una niebla en el edificio o estructura, tratese como estructura y como si tuviera una densidad de 3 o mas. Si la unidad cuenta con extraccion de aire por la parte inferior, no se requiere factor de riesgo para los arreglos que incluyan escapes de materiales densos

B) Efecto Domino

Cuando unidades de proceso o edificios se localizan juntos, un incidente en una unidad puede involucrar unidades adyacentes por el efecto de Domino. Aqui se considera el debilitamiento de estructuras por fuego, explosion, colapso de los cimientos, etc., lo

principal es asegurarse de que haya suficiente espacio de manera que las unidades que se estén cayendo no lo hagan en las unidades vecinas. Además, se debe considerar la propagación a unidades adyacentes por medio de corrientes de líquido en combustión o gas o brasas u otros medios.

Se pueden obtener recomendaciones para evitar efectos Domino en el arreglo de una Planta de Aseguradores, y Autoridades en Seguridad, para asegurar escapes de seguridad o reducir las pérdidas causadas por fuego y explosión. Debido a que no hay un acuerdo uniforme en estándares sobre espaciamiento y porque las consecuencias de un incidente son diferentes para varias actividades industriales, no hay ninguna base para un arreglo "normal" de equipo en las plantas. Sin embargo, está claro que las unidades de proceso muy altas tienen más probabilidad de crear un efecto de Domino, especialmente si son unidades con base pequeña.

1) Si la unidad tiene más de 20 m de altura, se aplica un factor de acuerdo con la siguiente escala, EXCEPTO EN LOS CASOS DE UNIDADES DE ALMACENAMIENTO

ALTURA	FACTOR
De 20 a 30 metros	20
De 30 a 40 metros	40
De 40 a 60 metros	150

2) Dependiendo de la proporcion de dimensiones entre la altura y la base de la unidad, se requiere un factor adicional cuando la unidad tenga mas de 15 m de alto, como sigue

Cuando la altura sea entre 3 y 5 veces la dimension (largo o ancho) del area normal de trabajo mas pequeña, factor de 25

Si la altura es entre 5 y 8 veces la dimension del area normal de trabajo mas pequeña, factor de 50

Si la altura es entre 8 y 12 veces la dimension del area normal de trabajo mas pequeña, factor de 100

Si la altura es mas de 12 veces la dimension del area normal de trabajo mas pequeña, use un factor de 10 VECES la relacion entre la altura y el area normal de trabajo mas pequeña

C) Areas Subterraneas

Si la estructura de la unidad o el edificio de la planta incluye areas subterraneas, fosas de recoleccion o separacion, fosas de bombeo u otras abajo del nivel del piso, colocadas dentro del area normal de trabajo de la unidad, use un factor de 150. Este factor no se debe aplicar a areas rodeadas de diques alrededor de tanques de almacenamiento, esferas, etc., que puedan incluir una excavacion abajo del nivel de piso terminado

Tampoco se debe aplicar a unidades de tratamiento o separacion de afluentes o fosas, siempre que esten separadas de las areas de drenaje de la unidad de proceso

A los tanques encerrados se le da un factor de 0 a 50

D) Drenaje Superficial

Si la unidad de proceso tiene un area de contencion de derrame donde el gradiente y/o drenaje a otra fosa es tal que el derrame de la unidad pueda producir un charco de liquido inflamable de mas de 2 (50 mm) en el centro del area bajo la estructura o equipo de la unidad de proceso, use un factor de 100

E) Otros aspectos

Si cualquier unidad de proceso que ocupe un area neta que exceda de 400 m² no se rodea por tres lados por caminos de acceso de 7 m de ancho como minimo, use un factor de 75

Cuando parte de la unidad de proceso corresponde a almacenamiento de materias primas, productos intermedios o finales con una capacidad para mas de 12 horas de demanda o produccion, use un factor dependiente de la capacidad de almacenamiento involucrada. Determine la mas alta capacidad en el proceso para cada material como valor h (horas) y calcule el factor con $2(h-12)$

Si la unidad de proceso que esta siendo estudiada se localiza a menos de 10 m del cuarto de control principal, cafeteria, oficinas o limite de talleres, aplique un factor de 50, sin

embargo, si la unidad esta construida sobre o abajo de la casa de control, oficinas , use un factor de 250

7) RIESGOS DE TOXICIDAD (T)

Los riesgos para la salud pueden variar tanto en el grado como en la forma en que se presentan. Algunos son identificables en condiciones anormales de proceso, como mantenimiento o procesos fuera de control o en incendios, mientras que otros estan presentes continuamente como resultado de pequeñas fugas en juntas, empaques, venteos de gases de proceso, etc. Otros riesgos para la salud pueden producirse por asfixiantes como nitrogeno, metano o dióxido de carbono.

La toxicidad de gases, vapores y polvos se clasifica con base en los Time Weighted Limit Values (TLV), que se basan 8 horas de trabajo por día y 40 horas de trabajo por semana. La mayoría de los valores listados de TLV pueden ser excedidos para exposicion corta (15 min) considerando que pueden "balancearse" por periodos de concentraciones inferiores a los valores de TLV de manera que el valor promediado en tiempo no exceda del valor de TLV.

Asimismo la presencia de fuentes radioactivas y los factores físicos como el calor, se deben considerar como riesgos relacionados con "toxicidad".

A) Valores TLV

1) Identifique el material mas peligroso en la seccion como el que se presenta en cantidad apreciable con el valor de TLV mas bajo o el mayor riesgo toxico (por ejemplo, en el caso de absorcion por la piel) Este material PUEDE ser diferente al usado como material clave

2) Para el valor del TLV se asigna un factor como sigue

TLV de 0.001 ppm o menos	- factor de 300
TLV > 0.001 ppm y hasta 0.01 ppm	- factor de 200
TLV > 0.01 ppm y hasta 0.1 ppm	- factor de 150
TLV > 0.1 ppm y hasta 1 ppm	- factor de 100
TLV > 1 ppm y hasta 10 ppm	- factor de 75
TLV > 10 ppm y hasta 100 ppm	- factor de 50
TLV > 100 ppm y hasta 1000 ppm	- factor de 30
TLV > 1000 ppm y hasta 1%	- factor de 10
TLV > mayor que 1% (ejemplo asfixiantes simples)	- factor de 0 (cero)

B) Forma del Material

Si el material se presenta en el proceso bajo condiciones NORMALES de operacion como un liquido o gas licuado, asigne un factor de 50

Si el material se almacena bajo condiciones criogenicas, asigne un factor de 75

Si el material se presente en el proceso como partículas sólidas o polvo, asigne un factor de 200

Si el material se almacena bajo condiciones gaseosas con una densidad relativa de 1.3 con relación a: aire, o más asigne un factor de 25

Si el material no tiene olor y no se puede ver en su nivel tóxico, aplique un factor de 200, de otra manera, cero

C) Riesgo de Exposición Corta

El siguiente factor que se debe considerar es el del nivel permisible por un periodo corto (15 minutos) relativo al TLV medio en tiempo. Se debe determinar el factor como sigue

$$\text{Factor de excursión} = \frac{\text{STEL}}{\text{TLV}}$$

Cuando el factor de excursión es	de 1.25		- factor de	150	
Cuando el factor de excursión es	> 1.25	y hasta	2	- factor de	100
Cuando el factor de excursión es	> 2	y hasta	5	- factor de	50
Cuando el factor de excursión es	> 5	y hasta	15	- factor de	20
Cuando el factor de excursión es	> 15	y hasta	100	- factor de	0
Cuando el factor de excursión es	> 100		- factor de	-100	

El factor de excursion sera alto cuando el riesgo de toxicidad sea un riesgo a largo tiempo para la salud y NO produzca en poco tiempo una enfermedad o la muerte. En caso de desconocer el valor del STEL (por no estar reportado) considere un factor de excursion de 1.5, con un factor de 100.

D) Absorcion por la Piel

Se debe aplicar un factor cuando el material toxico se pueda absorber por la piel. En el rango de 0 a 300 y al menos IGUAL EN EL VALOR al factor para el nivel del TLV.

E) Factores Fisicos

Los factores fisicos como el calor mas alto que el promedio, radiaciones ionizantes o ultravioletas, humedad, gran altura y otros provocan un mayor esfuerzo del cuerpo y aumentan los efectos de una exposicion toxica. Donde se trabaja continuamente a temperaturas superiores a 32° C y se tienen muchas horas de trabajo (mas del 25% de tiempo extra) aplique un factor de 20. Se deben evaluar otros factores fisicos para casos individuales y se debe aplicar un factor de 0 A 50 cuando sea apropiado. Si hay particulas molestas, use un factor de 10.

8) CALCULOS DEL INDICE GLOBAL DOW/ICI (D)

$$D = B (1 + M/100) (1 + P/100) (1 + (S+Q+L) / 100 + T/400)$$

donde B = Factor Material

M = Factor por Riesgos Especiales del Material

P = Factor por Riesgos Generales del Proceso

S = Factor por Riesgos Especiales del Proceso

Q = Factor por Riesgos por Cantidad

L = Factor por Riesgos por Lay Out

T = Factor por Riesgos de Toxicidad

<u>Range del Índice Global Dow-ICI D</u>	<u>Grado de Riesgo</u>
0-20	Suave
20-40	Ligero
40-60	Moderado
60-75	Moderadamente alto
75-90	Alto
90-115	Extremo
115-150	Muy extremo
150-200	Potencialmente catastrófico
Más de 200	Muy catastrófico

9) CALCULO DE CARGA DE FUEGO (F)

$$F = \frac{BK}{N} 20500 \text{ BTU/lb}$$

donde B = Factor Material

K = Cantidad de Material

N = Area de trabajo

Se calcula la carga de fuego de la unidad porque nos da una indicacion de la duracion del fuego en caso de un incidente. El calculo se basa en los BTU/ pie² de area plana, lo que permite efectuar una comparacion con valores para otros tipos de edificios.

Cantidad de Fuego F en BTU/ pie ² del Area Normal de Trabajo (valores efectivos)	Categoria	Rango de la Duracion Esperada de Fuego-Horas	Comentarios
0-50,000	ligero	1/4 - 1/2	Casas
50,000-100,000	Bajo	1/2 - 1	Fabricas
100,000-200,000	Moderado	1-2	Fabricas
200,000-400,000	Alto	2-4	Maximo para
400,000-1,000,000	Muy alto	4-10	edificios ocupados
1,000,000-2,000,000	Intenso	10-20	Bodegas de Hule
2,000,000-5,500,000	Extenso	20-50	
5,000,000-10,000,000	Muy extremo	50-100	

10) CALCULO DE POTENCIAL DE EXPLOSION

$$E = 1 + \frac{m - p - s}{100}$$

$$A = B \left(1 + \frac{m}{100} \right) \frac{QHEJ}{300} \frac{(1+p)}{1000}$$

Donde m = Factor por Mezclado y Dispersión

H = Altura de la Unidad

t = Temperatura del proceso

p = Factor por alta presión

Se calcula un índice E de explosión interna de la planta como una medida del riesgo de explosión interna en la planta. Las categorías asignadas a los valores del índice E son

Índice de Explosión Interna de la Sección E	Categoría
0-1	Ligero
1-2.5	Bajo
2.5-4	Moderado
4-6	Alto
Arriba de 6	Muy alto

Esto no representa el único potencial de explosión de la sección. De un estudio de un gran número de escapes de sustancias inflamables que han dado lugar ya sea a explosiones aéreas o a nubes que han causado únicamente fuego por ignición ha sido posible derivar el índice A de Explosión Aérea

Las categorías asignadas a varios valores A son

<u>Explosion Aerea</u> <u>Indice A</u>	<u>Categoría</u>
0-10	Ligero
10-30	Bajo
30-100	Moderado
100-500	Alto
Arriba de 500	Muy alto

11) CALCULO DE RIESGOS DE TOXICIDAD

$$U = \frac{T}{100} (1 - \frac{M + P + S}{100})$$

Un Índice Unitario de Toxicidad U se calcula de manera que represente la influencia de la toxicidad y consideraciones afines sobre el control y supervisión de la sección de la planta. Las categorías asignadas a los valores del índice unitario de Toxicidad U son

<u>Indice Unitario de</u> <u>Toxicidad U</u>	<u>Categoría</u>
0-1	Ligero
1-3	Bajo
3-6	Moderado

6-10	Alto
Arriba de 10	Muy alto

Usando una combinacion del indice Unitario de Toxicidad U y el Factor de Cantidad Q
Se obtiene el indice del Maximo Incidente Toxico C

SE DEBE ACLARAR QUE SI Q HA SIDO DERIVADO A PARTIR DE UNA
CANTIDAD DE MATERIAL QUE NO ES EL MATERIAL TOXICO EN ESTE
CASO U SE DEBE DERIVAR DE LA CANTIDAD DE MATERIAL TOXICO
PRESENTE EN LA SECCION

$C = QU$

Las categorias asignadas a valores del Indice C del Maximo Incidente Toxico son

Indice del Maximo Incidente <u>Toxico C</u>	<u>Categoria</u>
0-20	Ligera
20-50	Bajo
50-200	Moderado
200-500	Alto
Arriba de 500	Muy alto

(2) INDICE GLOBAL DE RIESGO (R)

$$R = D \left(1 + \frac{SEUEA}{10} \right)$$

Si uno de los factores tiene un valor de cero, se debe considerar un valor minimo de 1 en esta formula. Las categorias para R se aplican como sigue

<u>Factor Global de Riesgo R</u>	<u>Categoria de Riesgo Global</u>
0-20	Suave
20-100	Bajo
100-500	Moderado
500-1,100	Alto (Grupo 1)
1,100-2,500	Alto (Grupo 2)
2,500-12,500	Muy alto
12,500-65,000	Extremo
65,000	Muy extremo

Como diferentes niveles aceptables de riesgo global pueden ser apropiados segun las circunstancias, la lista de valores del Factor Global de Riesgo a la mitad del rango se divide en dos conjuntos mas pequenos: Alto (Grupo 1) y Alto (Grupo 2), ya que uno puede considerarse aceptable y el otro no.

13) DISMINUCION EN EL VALOR DE LOS INDICES POR LA ADOPCION DE MEDIDAS ADECUADAS DE SEGURIDAD DURANTE EL DISEÑO

El valor y la categoría de los índices se pueden considerar aceptables, en caso contrario, se requerirá trabajo posterior para lograr tal objetivo. El primer paso es revisar los factores individuales y asegurarse si se puede hacer una reducción por cualquiera de las siguientes razones

- a) Si se a sobre estimado un riesgo en la evaluación original
- b) Alteraciones hechas a tamaños, condiciones de operación, etc., relativas a las unidades que forman parte de la sección
- c) Sustitución por diferentes tipos de equipo de proceso de aquellos seleccionados originalmente
- d) Adopción de diseños de equipo que involucren menos riesgos de falla de operación de la unidad o fuga de materiales clave

En el caso de propuesta para una planta con proceso nuevo, pueden existir pocas posibilidades de efectuar cambios a menos que se efectúe una investigación adecuada de las alternativas. Si un cambio en particular puede reducir en forma considerable el riesgo, se justifica el trabajo de investigación necesario

Con plantas en operacion. los registros y experiencia de accidentes deben tomarse como **guia para mejorar diseños y tecnicas de operacion**. Sin embargo, debe tenerse cuidado al **usar las experiencias de operacion para disminuir los factores de riesgo en areas donde se hayan presentado accidentes**. Para poderlo hacer se requiere que: a) La planta se haya operado de la misma manera por un periodo de tiempo determinado, y b) Que se hayan presentado un numero adecuado estadistico de paros, arranques y otras situaciones anormales

14) CLASIFICACION DE FACTORES DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PREVENTIVAS

Los diversos factores de seguridad y medidas preventivas que se pueden incorporar a una unidad, se dividen en dos clases, que se definen como:

I) Reduccion de Riesgo por Disminucion de la Frecuencia

II) Reduccion de Riesgo por Disminucion de la gravedad Potencial

La primera clase comprende los factores de seguridad y medidas preventivas tendientes a evitar los accidentes y/o que disminuyen la frecuencia de los mismo. La naturaleza de estos factores se relaciona con el diseño mecanico, instrumentacion de control y seguridad, procedimientos de operacion y mantenimiento, entrenamiento de personal enfocado a la seguridad, la buena operacion de la planta. Se puede decir de algunos de

estos factores que actúan en forma directa reduciendo el potencial de riesgo, pero otros, como el entrenamiento de personal, juegan un papel importante al asegurar que la eficacia de los factores de diseño no se vea afectada por errores humanos.

La segunda clase de factores de seguridad y medidas preventivas está constituida por las acciones que se deben tomar cuando suceda un accidente para minimizar sus consecuencias, además de aquellas como protección contra incendios, sistemas fijos para combatir fuegos, etc., que también sirven para reducir el daño producido por fuegos y explosiones. Estos son muy importantes (a pesar de que la frecuencia de los accidentes se reduzca por otros medios), porque un accidente PUEDE presentarse en cualquier momento SIN IMPORTAR LA FRECUENCIA.

Hay situaciones particulares en las cuales los factores o cambios específicos pueden lograr mejoras EN AMBAS clases al mismo tiempo. Para el propósito de este manual se clasificaran de acuerdo al efecto más importante que se intente producir. No se deben incluir bajo ambas clasificaciones porque esto produciría una disminución excesiva de riesgos.

El efecto combinado de estas dos clases de medidas es disminuir la categoría de riesgos de una unidad, lo que es importante para determinar si el nivel de riesgo es aceptable y para decir asuntos tales como un arreglo apropiado para la planta.

Los factores seleccionados en cada apartado se multiplican entre si para obtener los valores de K1 a K6. Cuando algun inciso no aplique, va sea por que no se cuente con lo que especifique o no sea necesario, se le asignara un valor de 1 (uno)

MEDIDAS DE DISMINUCION DE LA FRECUENCIA

K1 Sistema de Contencion

Refendo a la reduccion de riesgo como consecuencia de cualquier mejora en el diseño estandar de los recipientes a presion y sistemas de tuberia y proteccion de estos contra daño accidental o efectos de "Knock-out" incluyendo los procedimientos de mantenimiento y modificaciones. Los sistemas de deteccion de fugas que puedan advertir de un escape de material si el equipo esta protegido adecuadamente contra sobrepresion interna y tambien si el material venteado o desecho se envia a lugares seguros.

Las fallas del sistema de contencion se indican por fugas del contenido de la atmosfera. Muchas mejoras del sistema de contencion (especialmente en unidades que llevan a cabo una operacion o reaccion especifica) se pueden hacer por la seleccion de un diseno diferente de juntas o empaques y a menudo, al reducir su numero en la unidad. Igualmente, se pueden hacer cambios en los materiales de construccion y reducir la influencia de los puntos mecanicos debiles (tales como fuelles de expansion)

Cuando se trata de sistemas de almacenaje, contenedores de transporte, tuberias de transferencia o sistemas de alta velocidad de reaccion a presion el principio basico para mejorar los sistemas de contencion es adoptar un estandar de diseño superior al comun y

una mejor técnica de fabricación/inspección que la usual. Como la mayoría de estos sistemas tendrán grandes inventarios, la disminución de riesgo es considerable con estos cambios y tiene que ser compensada adecuadamente antes de que estén disponibles las clasificaciones reales de riesgo para aprobación del riesgo del arreglo general de la planta.

a) Recipientes a Presión

Si un recipiente está de acuerdo con el ASME PRESSURE VESSEL CODE SECTION 8, DIV. 1 o 2, se utiliza un Factor de Disminución de 0.9. Si no se cuenta con información sobre el código que se utilizó en su construcción o el recipiente está determinado, se utiliza un Factor de 1.0.

b) Tanques de Almacenamiento Atmosféricos Verticales

Los tanques de almacenamiento atmosféricos verticales se usan para almacenar líquidos y gases licuados a presiones que van de 6 mbar de vacío interno a una presión de vapor interna máxima de 140 mbar (más el peso del contenido) y se diseñan de acuerdo con los estándares de ingeniería aprobados. No es posible en un tanque atmosférico de almacenamiento vertical hacer una prueba de presión al grado que normalmente se hace con un recipiente a presión. El esfuerzo adicional que se tiene en un tanque de almacenamiento vertical por efecto de la corrosión, es menor en los tanques de diámetro grande (igual que en el caso de los recipientes a presión) que en los tanques de almacenamiento pequeños.

Por estas razones, un tanque de almacenamiento vertical de gran diametro no garantiza un factor de disminucion aun cuando se estipule en los Codigos de Diseo el uso de una pequena cantidad de pruebas no-destructivas. Esto NO implica que el estandar de construccion sea inferior, sino que la ausencia de pruebas de rendimiento mas la verificacion minima de soldadura es tal, que el potencial de riesgo no es igual a la indicada en el ASME, Pressure Vessel Code, Section 8, Div. 1 o 2. Se aplica un factor de disminucion de 0.9 (o excepcionalmente 0.8) para tanques de diametro pequeno (hasta 10 metros de diametro), o cuando en casos especiales se adoptan estandares extensivos de prueba no-destructivas y otras pruebas que las normales.

c) Tuberias de Transferencia

Las tuberias que se usan para transportar cantidades de materiales peligrosos entre unidades de una planta o entre complejos de plantas en un sitio dado, o entre fabricas a traves del campo o a terceras partes, frecuentemente se disenian con estandares superiores a los normales para tuberias de proceso. El potencial total de fuga de estas tuberias de transferencia puede ser grande, debido a los inventarios considerables de material en la tuberia y a los sistemas de recipientes de recepcion alimentacion.

En el American National Standard for Gas Transmission and Distribution Piping Systems (Sistemas de Tuberia para Transmision y Distribucion de Gas de E.U.A., se menciona en la Clausula 841.151 cuatro tipos de construccion de tubo de acero, donde las tensiones de diseo permitidas se reducen progresivamente dependiendo de la localizacion a fin de controlar el riesgo a un nivel razonable de exposicion a comunidades.

El grado de reduccion global de riesgo logrado por estandares de diseño superiores tambien se refiere a eliminar conexiones brindadas hasta donde sea posible, asi como al uso de diseños optimos donde las bridas sean necesarias y el uso de modelos de valvulas, bombas, etc. , en los que las fugas de los empaques se reduzcan al minimo por arreglos especiales de doble sello, diseños de rotor canned, sellos de fuelle, etc

Para uso de procesos, la tuberia debe sujetarse a una prueba hidrostatica despues de su fabricacion y tambien a una prueba apropiada al ser instalada. No es aceptable la limitacion del numero de bridas normales ni de bridas de traslape. Las condiciones de diseño se proporcionan en la American National Standard for Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping para servicio de fluidos no incluidos en las Categorías D o M.

Esto se considera como el diseño standard "normal" respecto al cual se asignan los factores de disminucion por mejoras en la tuberia de transferencia de fluido (dentro o fuera de una planta)

Los factores de disminucion para tuberías de transporte de fluidos diseñada de acuerdo con el ANSI B31.8 - 1975 se asignan de la siguiente manera

- 1) Cuando la tuberia se diseña y construye de acuerdo a las clases de localizacion 1, 2, 3 o 4, de conformidad con la Clausula 841.151, use un factor de disminucion de 0.90

- 2) Si el tipo de diseño y construcción adoptado es una categoría más resistente que el tipo especificado, use un factor de disminución de 0.80
- 3) Si el tipo de diseño y construcción adoptado es dos categorías (o su equivalente, aunque no este en el Código) más resistente que el especificado, use un factor de disminución de 0.70
- 4) Si el tipo de diseño y construcción adoptado es 3 categorías (o su equivalente, aunque no este en el Código) más resistente que el especificado, use un factor de disminución de 0.60

En adición a los anteriores factores de disminución por diseño y construcción de tubería de acuerdo a diseños más resistentes que los estándar, se debe aplicar un factor de disminución adicional apropiado por medidas relacionadas con fugas en juntas, válvulas, bombas, etc., para dar un factor de disminución total. Los factores de disminución de "fugas" se deben asignar como sigue:

- 1) Por el uso de tubería completamente soldada y 100% radiografiada sin bridas, excepto en las secciones de válvulas, use un factor de 0.90
- 2) Por el uso de bridas de cuello soldadas en lugar de bridas de traslape en todas las uniones bridadas, use un factor de 0.95

- 3) Por el uso de caras realzadas y juntas restringidas (anillos solidos en el interior y exterior o diseños de trampa) en todas las uniones bridadas, use un factor de 0.95
- 4) Por el uso de diseños de rotor canned, valvulas selladas por fuelles y otros sistemas especiales para sellado de la flecha, use un factor de 0.95

Se permite usar mas de uno de los factores anteriores multiplicandolos entre si

Usando ambos grupos de factores de disminucion para tuberia de transferencia bajo condiciones optimas, se puede obtener un factor de reduccion total hasta de 0.50

d) Contencion Adicional, Chaqueta para Recipientes y Diques

Una tecnica que se puede aplicar para mejorar los estandares de contencion de recipientes de almacenamiento y de proceso a presion, asi como en recipientes atmosfericos y en las grandes tuberias de transferencia, es proveerlos de una segunda (y ocasionalmente tercera) cubierta o pared, de manera que mas de una "barrera" tenga que fallar antes de que haya un escape incontrolable a la atmosfera. Tambien un dique es medio de mejorar los estandares de contencion para que una falla no conduzca a un escape de material que se extienda, sino que asegure la permanencia en un area limitada para combatir incendios, neutralizar o recuperar

Cuando un recipiente de almacenamiento que contiene liquidos inflamables o toxicos (o gas licuado bajo condiciones totales o parciales de refrigeracion) se provee con una

segunda pared de contencion (para presion atmosferica), que se construye a todo lo largo del recipiente, se le asigna un factor de 0.45 si la segunda pared resiste la carga del contenido total despues de la falla de la primera pared. En el caso de un recipiente a presion, la provision de una segunda cubierta fuera de una capa de aislamiento tambien capaz de contener los contenidos a presion, aplica un factor de 0.50.

Bajo condiciones donde una segunda pared o cubierta este provista por fuera de un recubrimiento de al menos 150 mm de espesor y la pared o la cubierta este sellada y tiene una resistencia a 3 mm de acero suave, use un factor de 0.75.

En el caso de recipientes transportables que tengan liquidos inflamables o toxicos (o gases licuados) que estan provistos en los extremos con proteccion contra impacto equivalentes a 12 mm de espesor de acero suave, use un factor de 0.80. Esto se puede aplicar en adiccion a los factores de la segunda cubierta ya especificados.

Cuando las tuberias de transporte estan provistas de una cubierta exterior equivalente a 6 mm de acero suave, aplique un factor de 0.6.

En casos excepcionales en los que se proporciona una tercera cubierta o pared, multiplique entre si los factores apropiados para cada una de ellas.

Cuando el area de tanques de almacenamiento esta provista de diques segun los requerimientos normales para liquidos inflamables, use un factor de 0.95. Si la altura de la

pared del dique es igual al 50% de la altura del tanque mas alto que se encuentra dentro de el, o cuando su capacidad se calculo tomando la formacion de espuma u otra condicion mas severa, use un factor de 0.75. Cuando la pared del dique es vertical o inclinada hacia adentro (mas cerca del tanque en su extremo superior que en el inferior), aplique un factor adicional de 0.85.

Si la base del dique es de concreto o se ha aplanado para tener menor superficie de contacto con el material que se escape, aplique un factor adicional de 0.90. Si el dique está sellado por completo de manera que el material que se escape no pueda salir fuera del dique NI penetrar en la tierra, use un factor adicional de 0.90.

Si especialmente para equipo de investigacion o de planta piloto, las condiciones de diseño del recipiente son capaces de soportar una explosion interna previsible, use un factor de 0.4.

e) Sistema de Detencion de Fugas y Respuesta

Se puede incrementar la eficacia de los sistemas de contencion si se tienen instalados en forma permanente sistemas de deteccion de fugas de gases o vapores en todas las posiciones factibles alrededor de la seccion. Este sistema de deteccion de fugas de gases o vapores en todas las posiciones factibles alrededor de la seccion. Este sistema de deteccion de fugas debe contar con una indicacion de la localizacion del sensor que ha respondido en el cuarto de control, desde donde se puede tomar una accion inmediata para aislar y/o depresurizar el area. Se asignan factores de reduccion como sigue:

- 1) Si el sistema de detección de fugas se ha instalado de manera que sea necesaria una investigación antes de iniciar las actividades de paro, use un factor de 0.95
- 2) Si el sistema de detección de fugas permite a los operadores en el cuarto de control la rápida identificación del punto que requiere aislarse y/o depresurizado, use un factor de 0.90
- 3) Cuando por detección de la fuga se pueda tener una identificación y respuesta rápida para paro de la planta, por parte de los operadores en el cuarto de control, use un factor de 0.85
- 4) Cuando después de la detección de la fuga los operadores en el cuarto de control puedan lograr el aislamiento y la efectiva depresurización por medio de válvulas accionadas remotamente con un tiempo de respuesta de 10 a 20 segundos para diámetros entre 2" y 4" de 30 segundos a 1 minuto para válvulas con diámetro entre 9" y 18" y así proporcionalmente, use un factor de 0.80
- 5) En el caso de líneas de transferencia en las que todas las válvulas de corte pueden operarse remotamente por el personal del cuarto de control, aplique un factor de 0.90

Los factores anteriores se aplican cuando las unidades de detección operan a una concentración equivalente al 25% de límite inferior de inflamabilidad si se ajustan para

operar a una concentración menor o igual al 10% del límite inferior de inflamabilidad, aplique un factor adicional de 0.90

f) Manejo del Material Relevado, Venteado o de Desecho

En general se reduce el riesgo si el material que debe ser eliminado de un sistema de contención se maneja de tal manera que se evite la contaminación del ambiente, por lo que se puede aplicar un factor de reducción apropiado por mejoras en el sistema de contención, como sigue

- 1) Si todo el material en estado gaseoso o de vapor que se releva se ventea en una emergencia o se desecha, se envía a un quemador elevado o a un receptor de venteos cerrado, use un factor de 0.9
- 2) Si se arregla que el líquido u otro contenido del sistema que se vaya a desechar se envíe a un quemador de campo o a una fosa alejada (cuando menos 15 metros) de la unidad, use un factor entre 0.95 y 0.90, de acuerdo con la eficiencia que se prevea para el sistema en el enfriamiento o neutralización de reacciones peligrosas

K2 Control de Procesos

Referido a alarmas y/o sistemas de paro de seguridad activados por condiciones anormales específicas de proceso. Los factores especiales tales como sistemas de enfriamiento de emergencia para el proceso, suministro de energía de emergencia para operaciones vitales (como unidades de refrigeración, agitadores y bombas) y sistemas de gas inerte, están claramente relacionados con el control de procesos bajo condiciones

anormales y constituyen frecuentemente un factor esencial para cualquier sistema de paro de seguridad

La instalacion de equipo de supresion de explosion, equipo diseñado para resistirlo o equipo de venteo seguro para explosiones internas, tambien son parte importante del sistema de control de procesos

La interconexion de arreglos de valvulas en lineas de procesos y la posibilidad para probar la instrumentacion y el control de seguridad durante la operacion de la unidad, son otros aspectos deseables para un buen sistema de control de procesos

Una mejora en la eficacia del control de procesos es cuando se efectua por medio de una computadora que tambien este ligada al sistema de paro de seguridad

Un aspecto muy importante del control de procesos son los procedimientos de operacion para

- a) Operacion normal**
- b) Arranque**
- c) Paro**
- d) Trabajo de mantenimiento**
- e) Prevenir situaciones anormales**
- f) Modificaciones a la planta**

Asimismo es esencial para el buen funcionamiento del control de procesos el entrenamiento de los operadores, para que sigan estos procedimientos. Se considera como medida de protección, la inspección frecuente del equipo de la planta por operadores o donde haya un circuito cerrado de televisión adecuado que ayude efectivamente al control de procesos via instrumentación instalada

Siempre que se cuente con un sistema automatizado de control de proceso y se tenga confianza en los sistemas de alarmas de seguridad y de paro, resulta necesario el contar con un suministro adecuado de energía para el control de las principales operaciones durante condiciones anormales. Todos estos aspectos requieren la adopción de factores de reducción de acuerdo con la confianza que se tenga al sistema como fue diseñada

a) Sistemas de Alarma

La ayuda mas simple para la operación segura de una planta es el proporcionar un sistema de alarma que indique las diversas fallas que se pueden encontrar en operación. Si el sistema requiere de decisiones por parte del operador y acciones de corrección o para evitar una situación potencial de riesgo que puede convertirse en un accidente, un factor de 0.95 es apropiado

Si el sistema de alarma es del tipo en el que condiciones anormales específicas se indican como situaciones peligrosas contra la retroalimentación de otras indicaciones de alarma, aplique un factor de 0.90

b) Suministro de Energía de Emergencia

El contar con suministro de energía de emergencia para servicios esenciales (aire de instrumentos, instrumentación de seguridad y de control clave, agitadores, bombas, ventiladores) donde el cambio de suministro normal al de emergencia se lleva a cabo automáticamente sin necesidad de rearrancar motores, constituye un aspecto clave en la reducción de riesgos. El número de unidades de energía que se justifica para tener este tipo de servicio, solamente puede determinarse efectuando un estudio detallado de riesgos en la sección. Sin embargo, es posible definir durante las primeras etapas del diseño si se va a contar con un suministro de energía de emergencia con cambio automático, si se toma esta decisión, un factor de 0.90 es apropiado.

c) Sistema de Enfriamiento de Proceso

Es frecuente que cuando se presenta una situación anormal en una planta, sea necesario evitar que los sistemas de enfriamiento y refrigeración dejen de funcionar rápidamente. Si los sistemas de enfriamiento de proceso están diseñados con una capacidad para poder continuar trabajo por espacio de 10 min. al presentarse una situación anormal se usa un factor de 0.95. Si el sistema de enfriamiento es capaz de proporcionar el 150% de los requerimientos marcados en el diagrama de flujo durante 10 min., se aplica un factor de 0.90.

d) Sistemas de Gas Inerte

Si se cuenta con una cantidad de gas inerte capaz de purgar toda la sección cuando se requiera, sin suspender el suministro normal, se aplica un factor de 0.95.

Si los equipos que contienen líquidos inflamables cuentan con un colchón permanente de gas inerte para reducir el nivel de oxígeno por abajo de 1% V/V (en base libre de combustible), se aplica un factor de 0.8

Si se tiene conectada a la sección una tubería permanente de vapor, asigne un factor de 0.90

e) Estudios de Riesgos

Solamente puede ser efectivo un sistema de paro de seguridad si se ha hecho un estudio completo de riesgos en la sección, para identificar las fallas que puedan crear condiciones riesgosas y cada una de estas situaciones se ha evaluado para obtener el grado de riesgo resultante. En un sentido amplio, el valor inicial del factor R de Riesgo Global da una idea de la magnitud potencial del incidente que PUEDE presentarse en una sección, pero no pretende identificar las fallas que lo originan.

Antes de seleccionar los factores de reducción para los sistemas de control de seguridad propuestos (o existentes), se necesitan factores de reducción equivalentes al grado de detalle con que se ha efectuado (o se efectuará) el estudio de riesgos. Se aplica un factor entre 1.0 y 0.7, se acuerdo al tiempo y al personal con experiencia disponible para el estudio de riesgos.

La categoría del Riesgo Global y su aceptación (junto con los resultados del estudio de riesgos) servirá para definir la eficacia que debe tener el Sistema de Paro de Seguridad.

con lo que se obtiene un factor de reducción. Es obvio que antes de asignar un factor de reducción es importante verificar que se ha efectuado (o se efectuara) un estudio completo de riesgos, de otra manera PUEDE suceder que cualquier sistema de paro de seguridad seleccionado no se diseñe correctamente.

f) Sistemas de Paro de Seguridad

Se pueden identificar tres niveles de sistemas de paro, para los que se tienen los siguientes factores de reducción:

- 1) Cuando se usa un Sistema de Protección Altamente Integrado, un factor de 0.75 es apropiado. Estos sistemas constan de varias señales de disparo, consideradas por un sistema de votación en el sistema de paro de seguridad antes de que cualquier instrumento (más de uno por servicio) de paro sea activado.
- 2) Un nivel Intermedio de sistema de paro es el Sistema de Redundancia Directa, donde se duplican las funciones de disparo de manera que una condición anormal iniciara el paro. Para este tipo de sistema de paro de seguridad se aplica un factor de reducción de 0.85, a menos que se tenga otra opinión por parte de ingenieros de Seguridad y Control.
- 3) Para el sistema más simple de paro de seguridad constituido solamente por funciones individuales de disparo o paro u operaciones de venteo, es apropiado un factor de 0.95.

Se debe recalcar que es necesaria la experiencia o la guía de un experto para asignar factores de reducción en un estudio de riesgos y para todo lo relacionado con sistemas de paro. Y QUE LOS VALORES SUGERIDOS CONSTITUYEN ÚNICAMENTE UNA GUÍA BÁSICA

Si se puede probar regularmente la instrumentación de control y seguridad con la planta en operación y la frecuencia de las pruebas se define de acuerdo a análisis de confiabilidad y estudios de riesgos, use un factor adicional de 0.80

Si como parte de la sección se tiene equipo rotatorio importante como compresores, ventiladores, turbinas, etc., y cuentan con equipo de detección de vibración, seleccione un factor de 0.90 si únicamente consta de alarmas y de 0.80 si inicia el paro de la sección

g) Control por Computadora

Si la planta está controlada por una computadora en línea conectada directamente a los controles y monitores de flujo de proceso, de manera que continuamente se toman acciones correctivas, se logra generalmente una operación más uniforme que con instrumentación o control manual. Esto tiene una influencia sobre el nivel de riesgo de la planta SIEMPRE que esta sea operada únicamente por control de computadora y que tenga funciones de paro INDEPENDIENTES del sistema de control de paro. Si se tienen estas condiciones, se usa un factor de 0.85. Cuando la computadora en línea funciona únicamente como ayuda para los operadores y no controla directamente las operaciones

clave o cuando la planta se opera frecuentemente sin la ayuda de la computadora, use un factor de 0.95

h) Protección contra Explosiones y Reacciones Incorrectas

Si la planta está provista de un sistema de interlock para prevenir el flujo incorrecto de material y evitar reacciones indeseables, aplique un factor de 0.95

Cuando se tiene instalado un equipo de supresión de explosión en una unidad de proceso o de almacenamiento, use un factor de 0.80

Si el equipo de la planta está provisto de instrumentos de relevo de sobrepresión o de venteo de explosión (en el caso de riesgo de explosión interna) adecuados para protegerlo de condiciones anormales previsible, seleccione un factor entre 0.95 y 0.85 de acuerdo a la eficacia de los instrumentos de relevo de sobrepresión en el caso de gas, vapor, neblina o venteo de reacción interna. Con riesgos de explosión de polvo, debe usarse un rango 0.90 y 0.70, seleccionando factores cercanos a 0.90 para los polvos que producen las explosiones más violentas

En el caso de edificios que manejan polvos y productos similares, se selecciona un factor de 0.85 si se cuenta con relevo de explosión para el edificio diseñado según el NFPA o un código equivalente

i) Instrucciones de Operacion

Las instrucciones de operacion deben cubrir las condiciones normales de operacion, pero su valor se aumenta si incluye otros aspectos como

- 1) Arranque
- 2) Paro normal
- 3) Paro de emergencia
- 4) Arranque despues de un paro de poca duracion
- 5) Procedimientos para el mantenimiento incluyendo permisos de trabajo o sistemas de limpieza, descontaminacion para mantenimiento, etc
- 6) Arranque despues del periodo de mantenimiento
- 7) Situaciones anormales predecibles
- 8) Procedimientos de control para modificacion de equipo o tuberia (necesidad de re-examinar los estudios de como resultado de la modificacion)
Si se ha efectuado un estudio completo de riesgos para la planta, se espera que las instrucciones de operacion cubran gran parte de las condiciones arriba mencionadas
- 9) Condiciones normales de operacion
- 10) Condiciones de operacion durante el paro
- 11) Condiciones de operacion con una capacidad mayor (por arriba de la mencionada en el diagrama de flujo)
- 12) Condiciones cuando se esta recirculando (recirculacion total sin reaccion quimica a temperatura y presion normal)

Para aplicar el factor, determine cuantas condiciones de las 12 mencionadas arriba se cubren efectivamente. Si el número de condiciones cubiertas es x, aplique un factor de

$$1 - \frac{x}{100}$$

Este factor de reducción se encontrará en el rango entre 0.97 y 0.88, dependiendo del grado de explicación que tengan las instrucciones de seguridad.

j) Supervisión de la Planta

Si la planta se encuentra normalmente patrullada a todas horas del día y de la noche y se puede tener una buena vigilancia del equipo principal mediante circuito cerrado de televisión, use un factor de 0.95. Si es posible ponerse en contacto con todos los operadores por medio de radio u otro medio equivalente, desde el cuarto de control use adicionalmente un factor de 0.97.

K3 Actividades de Seguridad

La actividad de la Gerencia hacia normas de seguridad contribuye (cuando el énfasis es correcto) significativamente a la reducción de la frecuencia de accidentes. El resultado de fomentar la seguridad se ve en aumento en el nivel de entrenamiento de todo el personal, la adhesión a procedimientos de operación establecidos, buenas normas de mantenimiento, la aplicación correcta de sistemas de aprobación a las modificaciones y permisos de trabajo, verificaciones regulares y eficientes de todos los sistemas de seguridad y control y un informe concienzudo de circunstancias anormales, fallas y

accidentes menores La actitud gerencial hacia seguridad, solo sera plenamente efectiva si es visible y esta respaldada por actividades apropiadas (inspecciones, exigencia, modelaje, acciones disciplinarias, entre otras)

Aunque la planta este adecuadamente diseñada, construida, provista de instrucciones de operacion por escrito, etc., la actitud general en el sitio hacia las normas de seguridad tendra efecto sobre el grado de alcance en la obtencion de una operacion segura

a) Actitud de la Gerencia

Es de esperarse que en toda compania y sitio bien organizado se tenga la firme resolucion de seguir normas altas de seguridad y el apoyo de todos los gerentes a los procedimientos de seguridad. Si la actitud es tal que no se acepten compromisos entre presiones economicas o de produccion y seguridad, se selecciona un factor de 0.95 a 0.99.

b) Entrenamiento en Seguridad

Si regularmente se lleva a cabo un programa de entrenamiento sobre seguridad que incluya a todos los operadores, personal administrativo, auxiliar o de contratista en planta, use un factor entre 0.80 a 0.95, de acuerdo a las características del programa

c) Procedimientos de Mantenimiento y Seguridad

La observancia estricta de permisos de trabajo o sistemas de certificacion de limpieza para mantenimiento y trabajos de modificaciones proporciona un factor entre 0.98 y 0.99, dependiendo del apego a los procedimientos

En una planta donde se efectúe el mantenimiento preventivo programado, se usa un factor adicional de 0.97

De acuerdo a la eficacia con la que se efectúen las inspecciones de seguridad y limpieza en la planta, se debe escoger un factor en el rango de 0.97 a 0.90 que depende de la ausencia de basura (particularmente de materiales combustibles e inflamables), de fugas de materiales tóxicos, inflamables, fluidos de servicio, etc

Cuando se elaboren reportes completos de accidentes, condiciones anormales de proceso y fallas (que cubran cuando menos el 50% de dichos eventos), se aplica un factor de 0.95

En una planta donde se manejen sólidos inflamables, combustibles o tóxicos, el contar con un equipo fijo de limpieza por medio de vacío u otro sistema equivalente que se use regularmente y evite la acumulación de polvos FUERA del equipo de proceso, justifica el uso de un factor de 0.80

MEDIDAS DE DISMINUCION DE LA GRAVEDAD POTENCIAL

K4 Protección Contra Fuego

La medida más importante para reducir el riesgo es asegurarse de que las estructuras y recipientes de la sección estén provistos de protección efectiva contra el fuego, así como

contar con cortinas de agua o vapor, paredes resistentes al fuego, arrestadores de flama, pisos solidos, etc . que eviten que se propague el fuego y el humo

Otro aspecto es la proteccion contra exposicion al fuego o agentes corrosivos de los cables de instrumentos, lineas de corriente, cables de potencia, con el fin de que no se interrumpan las funciones de control durante una situacion anormal

La proteccion contra fuego de las estructuras de las plantas (de acero, pisos, etc) que soportan el peso del equipo de proceso, debe considerarse de manera diferente a las paredes o barreras contra fuego que unicamente proporcionan una cubierta contra los efectos de la flama y el calor y cuyos requerimientos de carga se limitan a evitar que la pared o barrera se caiga por efecto de su propio peso

El equipo de la planta requiere proteccion contra fuego para evitar que se dañe por calor y que se efectue una transferencia de calor inaceptable hacia el contenido del mismo. La cantidad de calor transferible es una funcion de las caracteristicas del contenido y de la presion de operacion

a) Proteccion contra Fuego de Estructuras

Referido a estructuras de columnas, unidades de piso o techo, tejados y faldones para soportar recipientes y otros equipos donde las fallas provocaran el desplome de estructuras que involucren al equipo de la planta

Quando se toma en cuenta el medio ambiente, otros factores como duracion mecanica de la proteccion contra fuego, habilidad para retener su eficacia en un ambiente corrosivo y su comportamiento durante el lavado y situaciones de combate de incendios, tienen particular importancia y pueden limitar la capacidad para alcanzar un buen nivel de proteccion contra fuego. Estos factores no pueden ser considerados aqui, pero deben ser tomados en cuenta al seleccionar el factor de reduccion apropiado.

Quando la estructura que soporta a la unidad esta provista hasta 1/3 de su altura o como minimo, 6 m a partir de su base, de una proteccion contra fuego de dos horas de duracion, use un factor de 0.98. Si la proteccion contra fuego cubre hasta 2/3 de la altura total, use un factor de 0.95 y si toda la estructura protegida, use un factor de 0.90.

Estos factores por proteccion adicional contra el fuego suponen que TODOS los apoyos de carga cuentan con las 3 horas de proteccion normal. Cuando se adopta una proteccion contra fuego con duracion de 5 horas, se usan los siguientes factores: 0.95 cuando 1/3 de la altura o como minimo 6 m a partir de su base, se encuentra protegida; 0.90 cuando las 2/3 partes de la altura estan protegidas y 0.80 si la proteccion contra fuego cubre toda la unidad.

b) Paredes, Barreras y Elementos Equivalentes contra Fuego

La eficacia de una pared contra fuego entre secciones depende de la altura de las secciones y de las paredes. Se selecciona un factor de reduccion entre 0.80 y 0.95 siempre que la pared cuente con una duracion de 4 horas, dependiendo del grado de

proteccion que brinde para evitar la propagacion del fuego. Si se usan paredes con duracion de 2 horas, el factor se encontrara entre 0.87 y 0.97. Lo anterior supone que no se han instalado puertas que no cierran automaticamente en caso de incendio y que tengan una resistencia contra el fuego equivalente o la de la pared.

Si una estructura de proceso con una altura mayor de 6 metros esta provista de pisos solidos intermedios a intervalos mayores de 6 metros (cada uno con una resistencia contra fuego de 2 horas como minimo para apoyos sin carga y 3 horas para apoyos con carga), use un factor de 0.90. Esto por la proteccion que se tiene contra la propagacion del fuego en direccion vertical en comparacion con el uso de pisos de rejilla o con la ausencia de pisos.

El uso de cortinas de vapor o de agua para aislar una seccion de riesgo significativo debe considerarse efectivo unicamente si rodea por completo la seccion y sea adecuada para fugas localizadas hasta una posicion equivalente a 1.3 de altura de la unidad. Si todo esto se cumple, use un factor de 0.90. Una cortina de agua debe tener una densidad de 0.3 galones/minuto por ft² de cortina (0.9 m³/h.m²).

c) Proteccion contra Fuego para Equipo

Si todos los recipientes de la seccion estan provistos de aislamiento de proteccion contra fuego externo SIN cubierta de acero, use un factor de 0.97. Si tienen cubierta exterior de acero aplique un factor de 0.93. Si se tiene sistema fijo de inundacion o esparcido con agua con gasto de 0.20 galones imperiales./ft² (8.15 lpm/m²) de superficie de

recipiente además del aislamiento término SIN cubierta exterior de acero, use un factor de 0.95 Pero si se proporciona el sistema fijo de inundación o esparido ADEMAS del aislamiento cubierto con placa de acero, se usa un factor de 0.85

Donde se tengan tanques de almacenamiento enterrados con cubierta adecuada que proporcione una protección efectiva contra el fuego, se usa un factor de 0.50

Cuando todos los cables de los instrumentos, líneas de corriente y cables de energía para mantener las funciones de control de la sección, están provistos con una protección contra fuego de 3 horas, use un factor de 0.85. Si no se tienen agentes corrosivos o fugas de líquido, use un factor de 0.75 en lugar de 0.85

Si la sección se localiza detrás de paredes contra fuego, dentro de un cerco que proporcione un medio para confinar el fuego dentro de la sección aplique un factor de 0.80. Cuando el cubículo provea protección para impedir que partículas puedan dañar otras secciones o al personal, use un factor de 0.85. Ambos factores pueden ser aplicados si la sección se encuentra dentro de un cerco resistente al impacto al fuego

Una técnica utilizada para evitar que la flama entre al equipo es el uso de arrestadores de flama o estranguladores de material. Cuando están colocados pueden prevenir que un incidente se extienda a otra unidad (si se han diseñado correctamente) y este hecho permite el uso de un factor de 0.85

K5 Aislamiento de Materiales

Muchos incidentes producen fuegos mayores porque no es posible cortar el flujo de material hacia la seccion cuando se inicia el suceso. El contar con valvulas de corte operadas a control remoto, valvulas de exceso de flujo, sistemas de desecho o de relevo, drenajes superficiales adecuados que conduzcan el material lejos de la planta con problemas, son medidas que pueden controlar el incidente en su inicio.

a) Sistemas de Valvulas

Si la seccion cuenta con valvulas de corte operadas a control remoto y las lineas o cables de control se encuentran protegidas contra fuego de manera que en una emergencia se puedan aislar rapidamente los tanques de almacenamiento, recipientes de proceso y secciones de grandes lineas de transferencia, se aplica un factor de 0.80.

Cuando una unidad cuenta con un tanque para vaciado de emergencia localizado FUERA del area principal, se asigna un factor de 0.90. De igual manera un sistema de relevo de emergencia garantiza un factor de 0.90.

Cuando la unidad de proceso de instalacion de almacenamiento cuenta con drenaje superficial, fosas o quemador de campo de manera que el liquido no se acumule abajo del equipo elevado (y lo caliente desde ABAJO al inflamarse), aplique un factor de 0.85. La pendiente minima requerida para proporcionar un drenaje adecuado bajo esta categoria es de 1 a 50 (2%). Si la seccion de proceso o instalacion de almacenamiento cuenta con una

fosa, localizada lejos del area de la unidad, capaz de almacenar cuando menos 35% del contenido de la seccion, disminuya el factor de 0.65

Cuando una seccion del tipo de sistemas de transferencia cuenta con valvulas automaticas de exceso de flujo o de retencion, asigne un factor de 0.80 si el gasto de operacion no es mayor que el 200% del flujo normal

b) Ventilacion

Cuando, en caso de una fuga de material, el sistema de ventilacion pueda ser accionado a control remoto para reducir el peligro, aplique un factor de 0.90

K6 Combate contra Incendios

Bajo esta categoria se agrupan los diversos tipos de sistema de inundacion y esprayado con agua, suministro adecuado de agua contra incendio, disponibilidad de brigadas y equipo, espuma y otros materiales especiales para combatir incendios y sistemas de alarma o comunicacion. Se encuentra bien establecido que el ataque concentrado de un fuego en su inicio lo extinga sin mucha dificultad y daño, mientras que una respuesta lenta o retrasado no podra evitar grandes perdidas o daños.

Ciertamente se alcanza una reduccion importante de riesgos por la llamada y rapida respuesta de personal entrenado para combatir incendios ADEMAS de la disponibilidad dentro de la planta de equipo contra incendio (extintores portatiles, instalaciones fijas, etc.)

a) Alarmas de Emergencia

De acuerdo con esto, el primer factor de reducción corresponde a sistemas de alarmas que cubran toda la sección y que sirven para pedir ayuda. Si están instaladas y llaman directamente a brigadas locales o municipales, aplique un factor de 0.90

b) Extintores Portátiles

Una planta debe disponer en todo momento de suficientes extintores portátiles adecuados para el tipo de fuego que se pueda presentar. Para esto se aplica un factor de 0.95

Cuando se requieren tipos de extintores (ej. para fuego de metales) y se dispone de una cantidad adecuada de ellos en la sección asigne un factor de 0.85. Si además se encuentran soportados por varios equipos en carretillas especiales, aplique un factor adicional de 0.90

c) Suministro de Agua

Para un combate inmediato y efectivo en caso de fuego, es deseable que la planta cuente con un suministro adecuado de agua contra-incendio, este debe ser capaz de mantenerse a capacidad total por lo menos durante 4 horas a la presión de trabajo 100-120 psig (7-8 bars manométricos) de los hidrantes.

Si se dispone de un gasto no menor de 10,000 galones imperiales/min (2730 m³/h) a una presión de 100 psig (7 bars manométricos), use un factor de reducción de 0.85. Si se

tienen 15,000 galones imperiales/min (4090 m³/h) a 120 psig (8 bars manometricos), factor de 0.75

Si el gasto no es menor a 2,500 gpm, use un factor de 0.95

d) Instalaciones de Rociadores de Agua o Espreas y Monitores

Si un edificio cuenta con un sistema normal de proteccion con rociadores que cubra cada piso, aplica un factor de reduccion de 0.90. Si el edificio tiene tambien rociadores exteriores para proteccion de exposicion al fuego, adicione un factor de 0.95. Cuando se proporcionan sistemas de diluvio para las plantas de acuerdo con el NFPA 15, aplique un factor de 0.90 si el sistema tiene una descarga de 0.20 gpm ft² a traves de orificios de 1/4" minimo, para TODOS Y CADA UNO de los niveles. Si el tamaño de los orificios es de 3/8" minimo y el gasto es de 0.40 gpm ft² aplique un factor de 0.80 y para orificios con diametros de 7/16" y con gasto de 0.60 gpm ft², un factor de 0.70.

Si se instalan unidades de rocio direccional de agua o monitores para combatir incendios con operacion remota del control direccional, use un factor de 0.90. Si estan instalados pero requieren ajuste manual de la direccion use un factor de 0.95.

e) Instalaciones Fijas de Espuma y de Inertes

Cuando las plantas cuentan con instalaciones fijas de espuma aplique un factor de 0.90. Cuando se tiene en el sitio un almacenamiento de compuestos para producir espuma

ADECUADO para un combate contra incendio de 4 horas, use adicionalmente otro de 0.90

Se puede usar un factor de reduccion de 0.75 si la seccion cuenta con un sistema fijo de CO₂ como gas inerte. Se puede considerar que un sistema inerte a base de halocarburos es mas efectivo que el CO₂ para ciertas situaciones, por lo que se usa un factor de 0.70. Se debe buscar la guia de un especialista al asignar factores de reduccion para **TODO TIPO** de instalaciones fijas, ya que algunos riesgos de inflamabilidad requieren de sistemas especiales para un combate efectivo.

f) Brigadas contra Incendio

Si se tiene una brigada bien preparada y camion, use un factor de 0.95 y disminuya un 0.05 adicional por cada camion extra **CON TRIPULACION** hasta un maximo total de 5. Si ademas la brigada municipal puede contribuir con dos unidades en un lapso de 10 minutos, agregue otro factor de 0.90. Si la brigada municipal puede proporcionar una maquina especial con torre para combatir el incendio en un lapso de 15 minutos y **COMO PARTE NORMAL DE SU PRIMERA RESPUESTA**, disminuya el factor a 0.70.

Si se cuenta con brigada preparada en todos los turnos, aplique 0.95.

g) Apoyo Externo y/o Interno para Combate de Incendios

Cuando se cuenta **SIEMPRE** con un almacenamiento adecuado de productos quimicos especiales para combatir incendios en el sitio, aplique un factor de 0.85 a menos que

hayan sido tomados en cuenta anteriormente en las secciones de exteriores portatiles o de instalaciones de espuma

Cuando se lleva a cabo un entrenamiento regular por operadores sobre el uso de extintores portatiles, equipo de flujo y colaboracion con las brigadas contra incendio, asigne un factor de 0.90

h) Ventiladores para Humo

Si se tienen ventiladores para humo colocados en los techos de edificios de almacenamiento, empaque u otros procesos, ademas de separadores de humo a nivel del techo para evitar que otros edificios se vean afectados, aplique un factor de 0.90

15) CALCULO DEL EFECTO GLOBAL DE LOS FACTORES DE REDUCCION.

Carga de Fuego $F1 = FK1 K4 K5$

Indice de Explosion $E1 = EK2 K3$

Indice de Explosion Aerea = $A1 = A K1 K5 K6$

Indice Global Mond $R1 = R K1 K2 K3 K4 K5 K6$

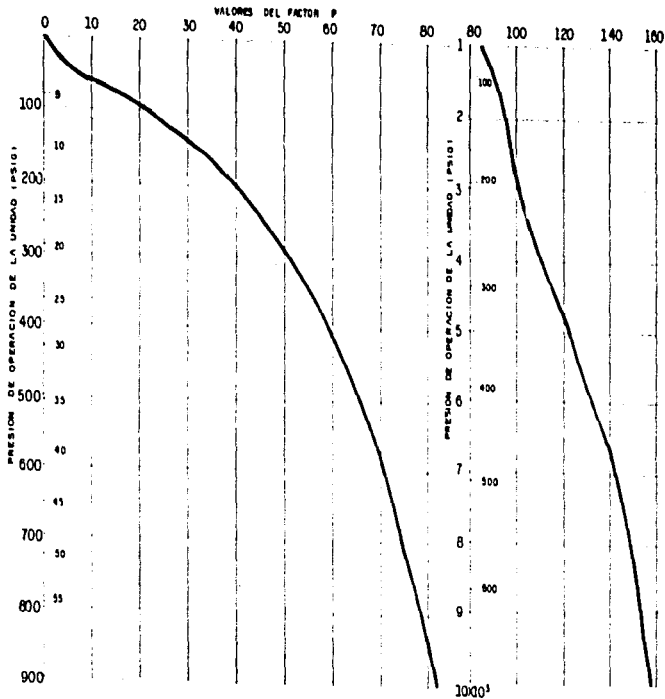
Los resultados obtenidos en cada encabezado por el producto de los factores son utilizados para el calculo de los valores revisados de la Magnitud del Fuego (F1), el Indice de Explosion (E1), El Indice de Explosion Aerea (A1) y el Indice Global de Riesgos (R1)

Este ultimo valor es importante para determinar si el nivel de riesgo de la seccion es aceptable o no y para escoger un arreglo satisfactorio de la planta durante las primeras etapas de diseño

Finalmente, los elementos principales de la reduccion de R a Rf deben anotarse en la hoja para recordar la NECESIDAD DE APEGARSE A ELLOS DURANTE LAS ULTIMAS ETAPAS DE DISEÑO

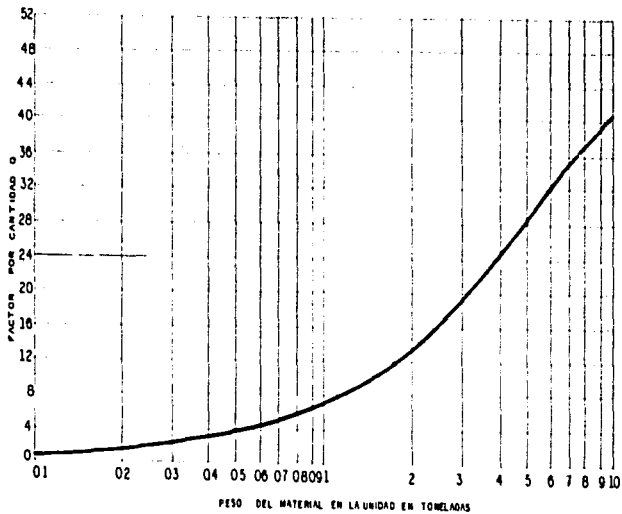
FACTOR POR ALTA PRESION P

58-11



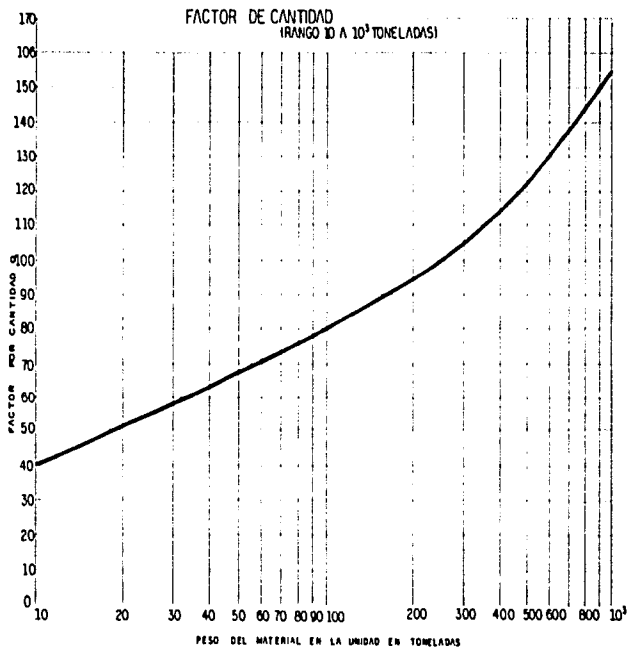
Gráfica H-1

FACTOR POR CANTIDAD (RANGO ARRIBA DE 10 TON)



Gráfica B-2

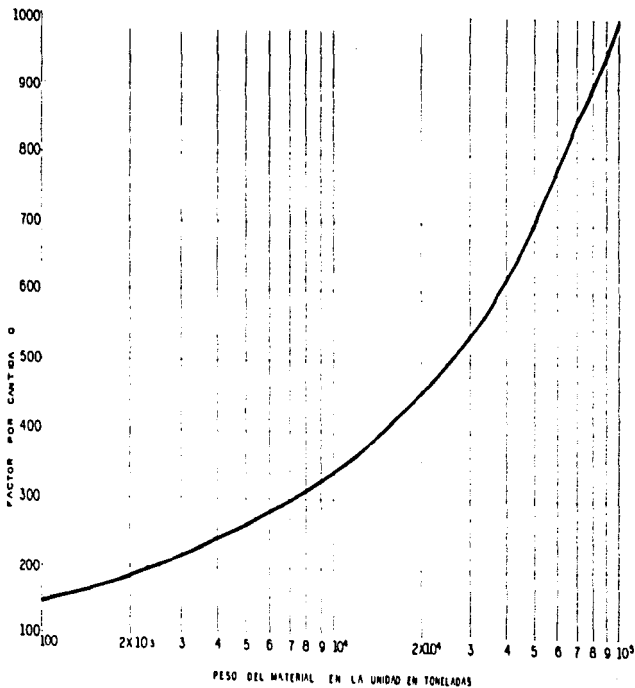
B-87



Gráfica B-3

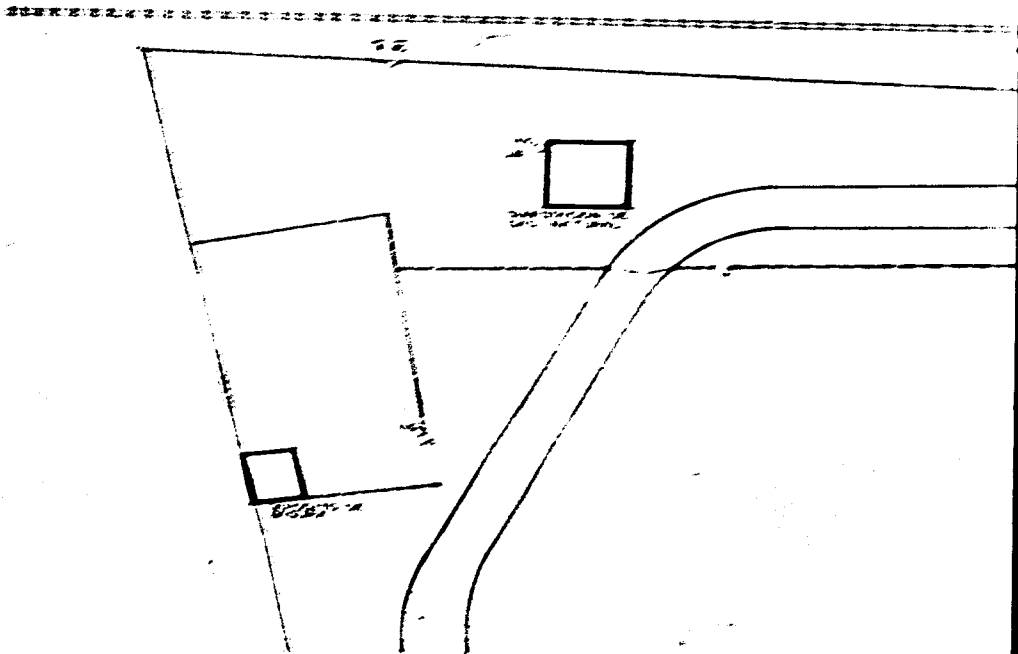
Factor por Cantidad (Rango 10^3 A 10^5 TONELADAS)

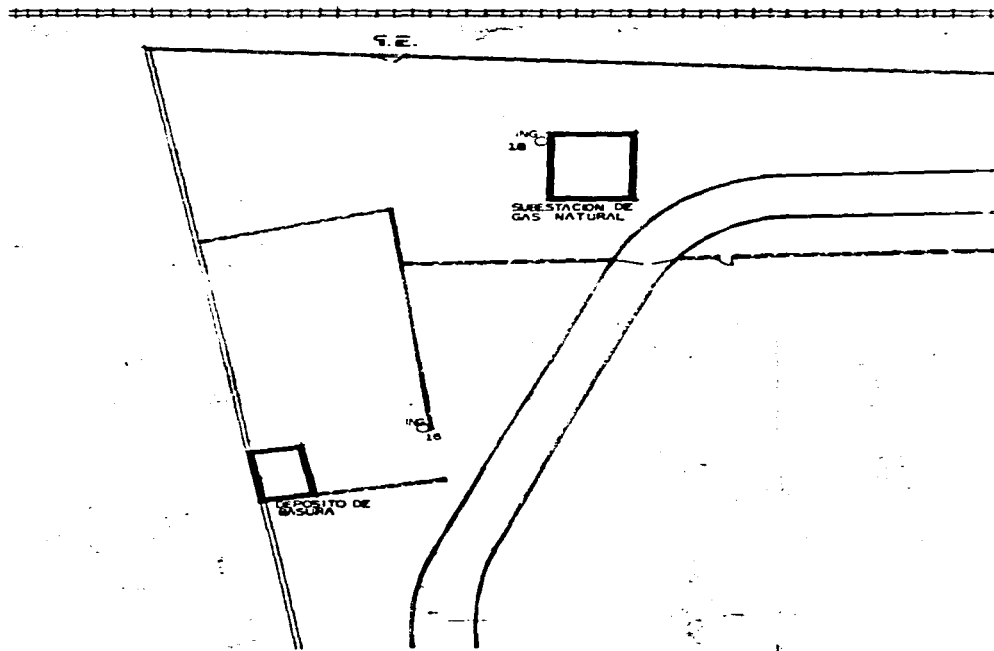
88-11



Gráfica E-4

PLANO A ESCALA CON RADIOS DE AFECTACION





R.F.

ING.
18

SUBESTACION DE
GAS NATURAL

ING.
18

EDIFICIO DE
AGUA

FFCC

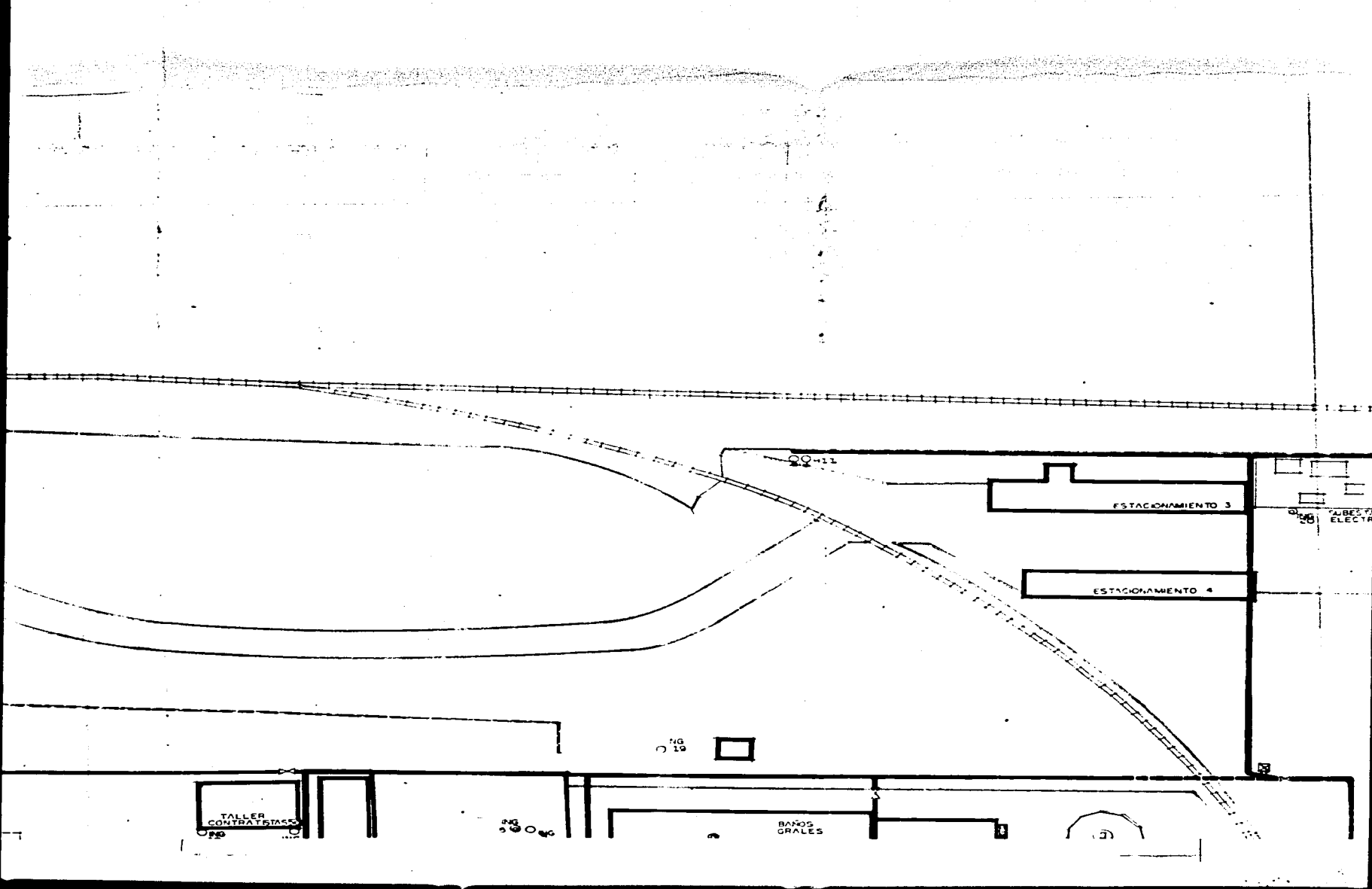
IN DE
URIAL

H 10

NG
19

TALLER
CONTRATAS

NG
19



TALLER
CONTRATISTAS

BAÑOS
GRALES

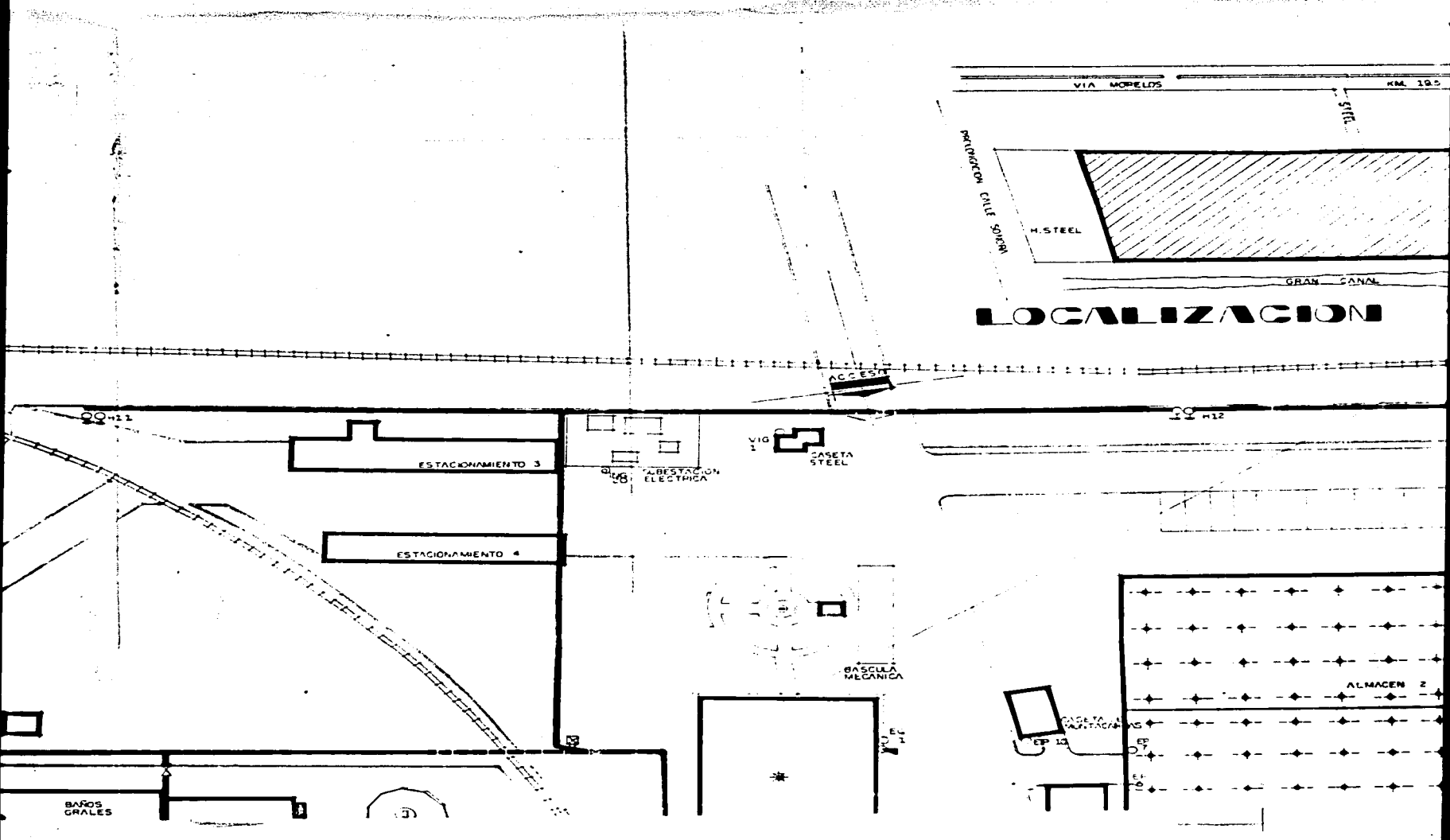
ESTACIONAMIENTO 3

ESTACIONAMIENTO 4

LABORATORIO
ELECTRO

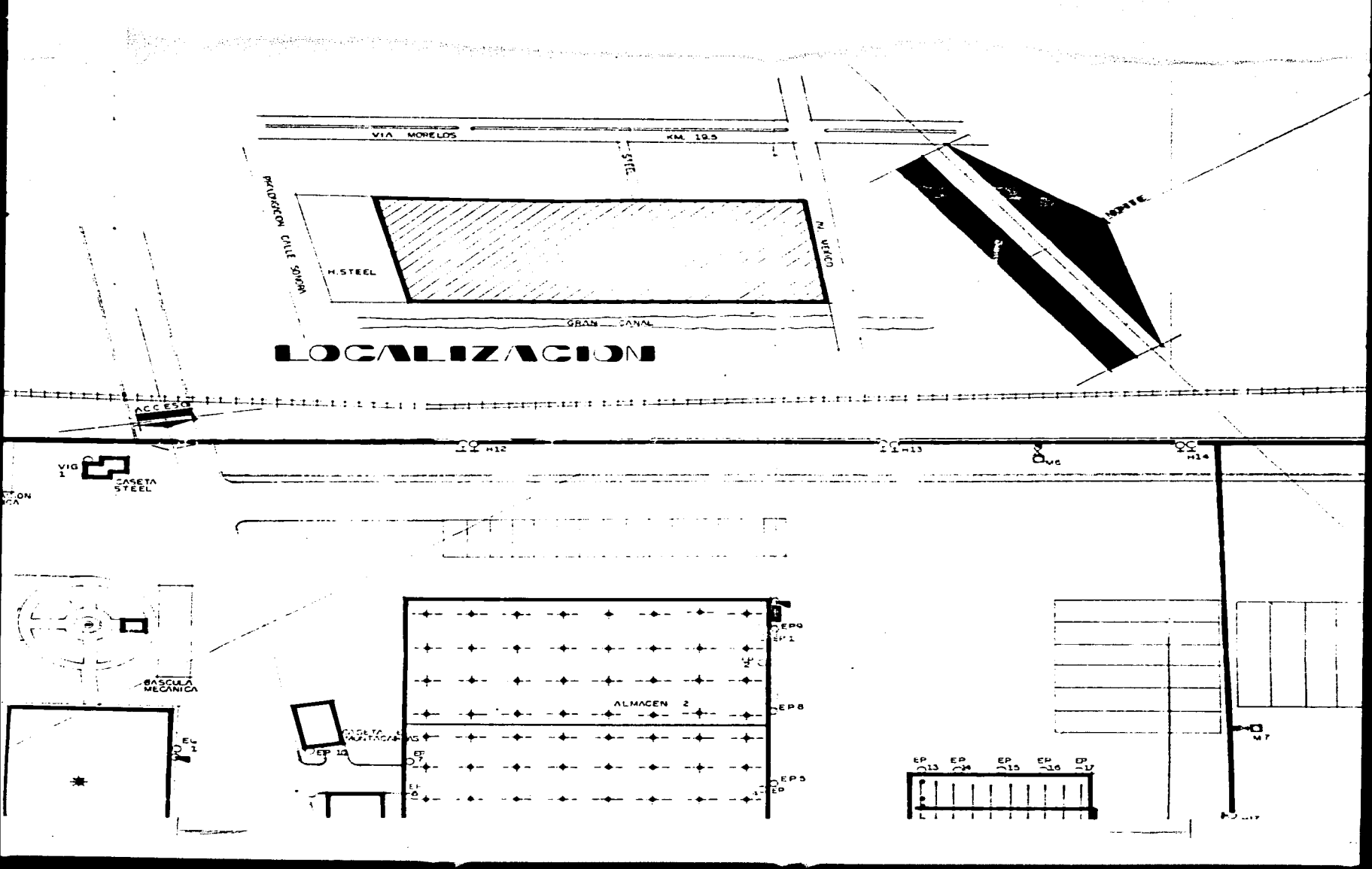
R-11

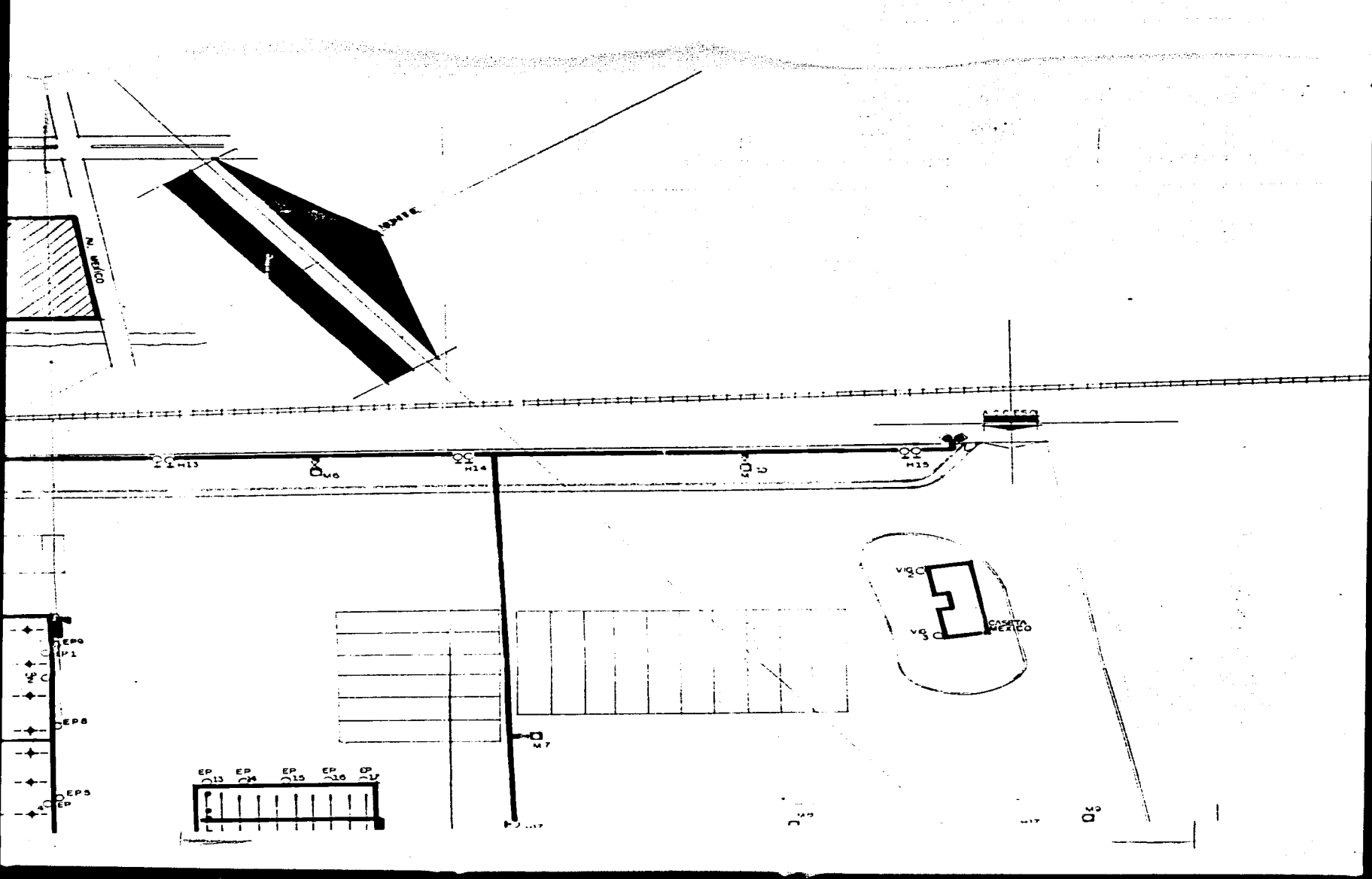
R-19

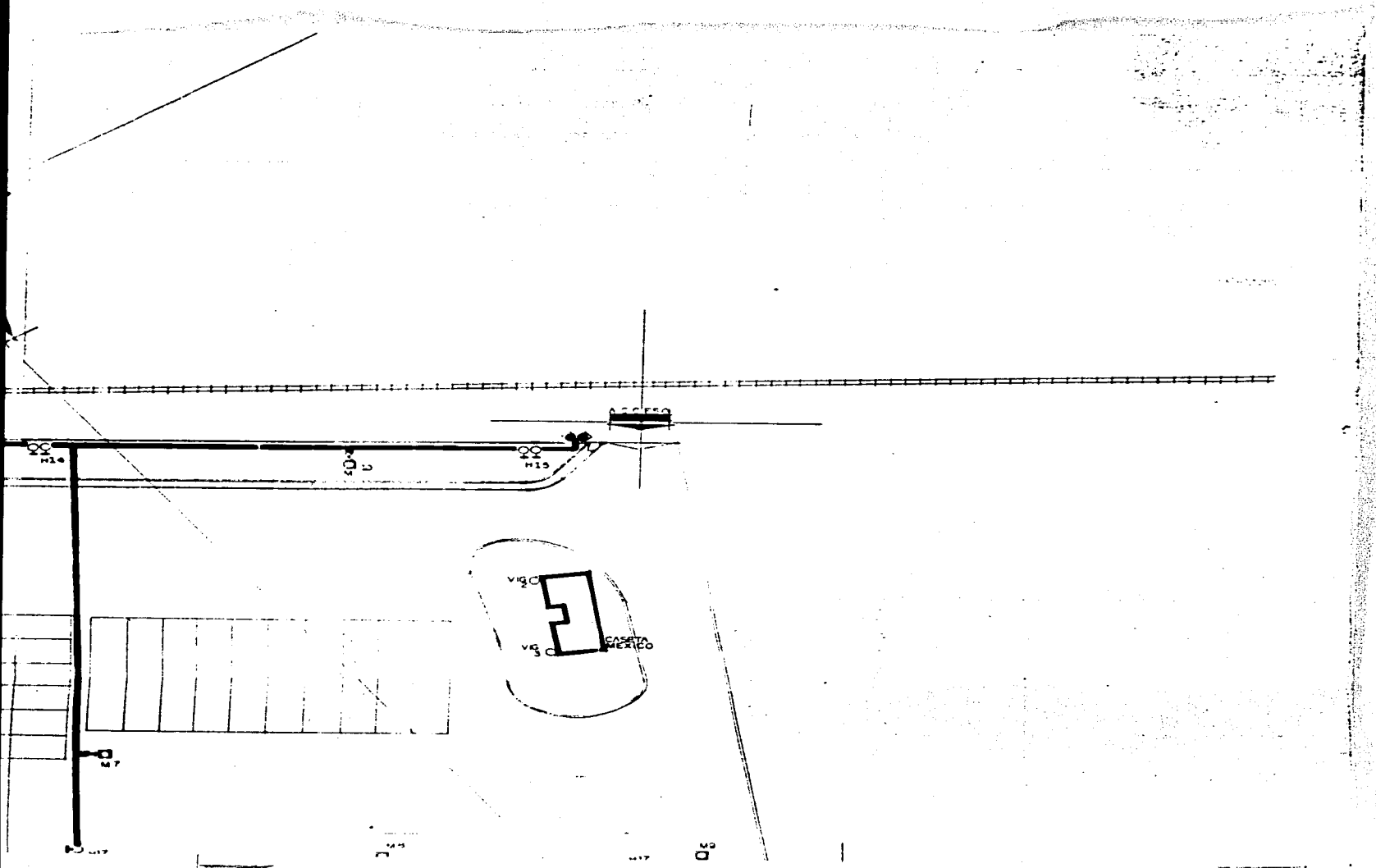


LOCALIZACION

LOCALIZACION







ALMACENITO DE MASOMA

BANOS CONTRATISTAS

ALOJAMIENTO
CONTRATISTAS

CANCHA DE BASQUETEBOL

AZADON

PLANTA

R-30

NO 23

NO 24

ALMACEN 6

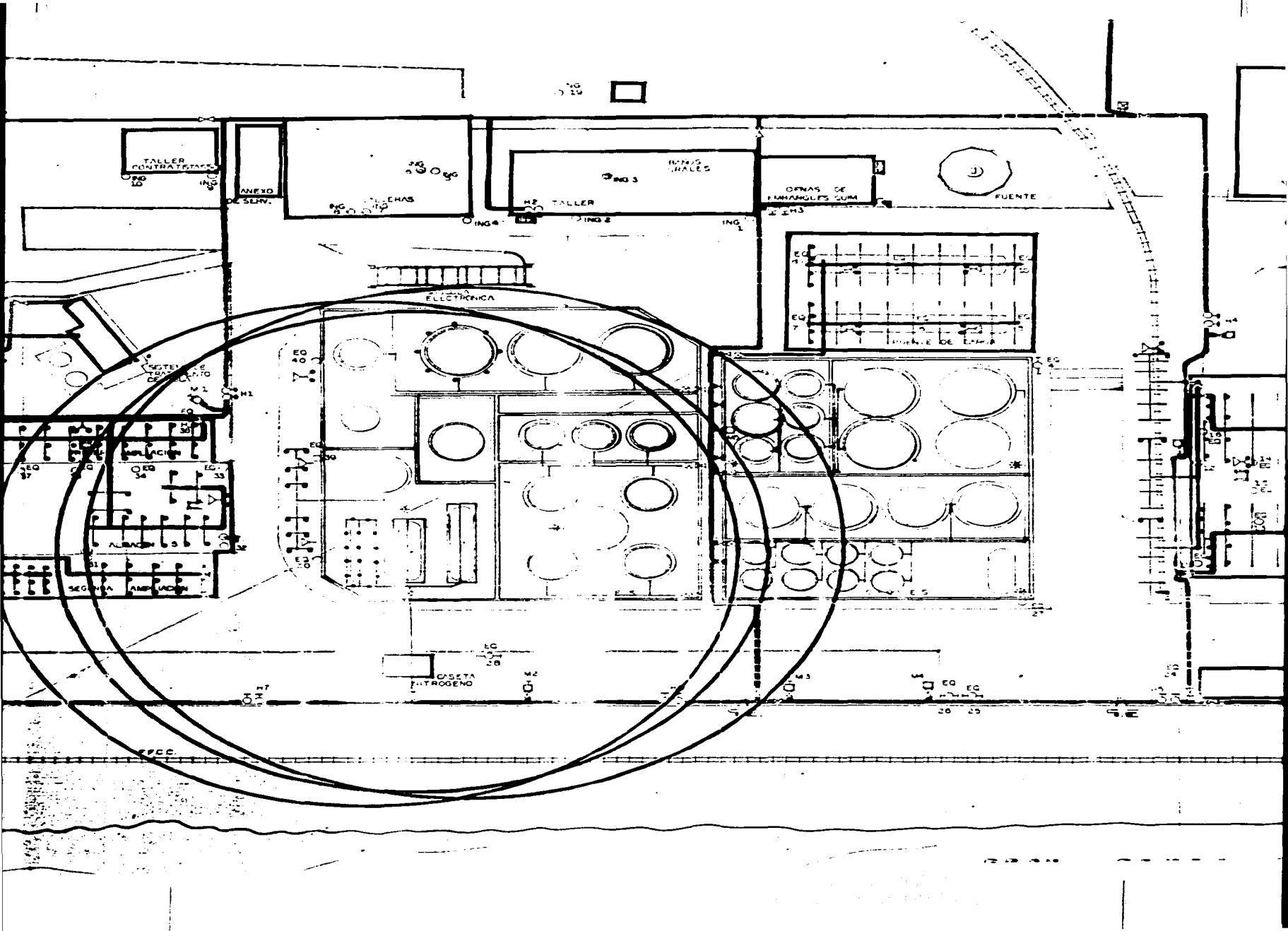
H 10

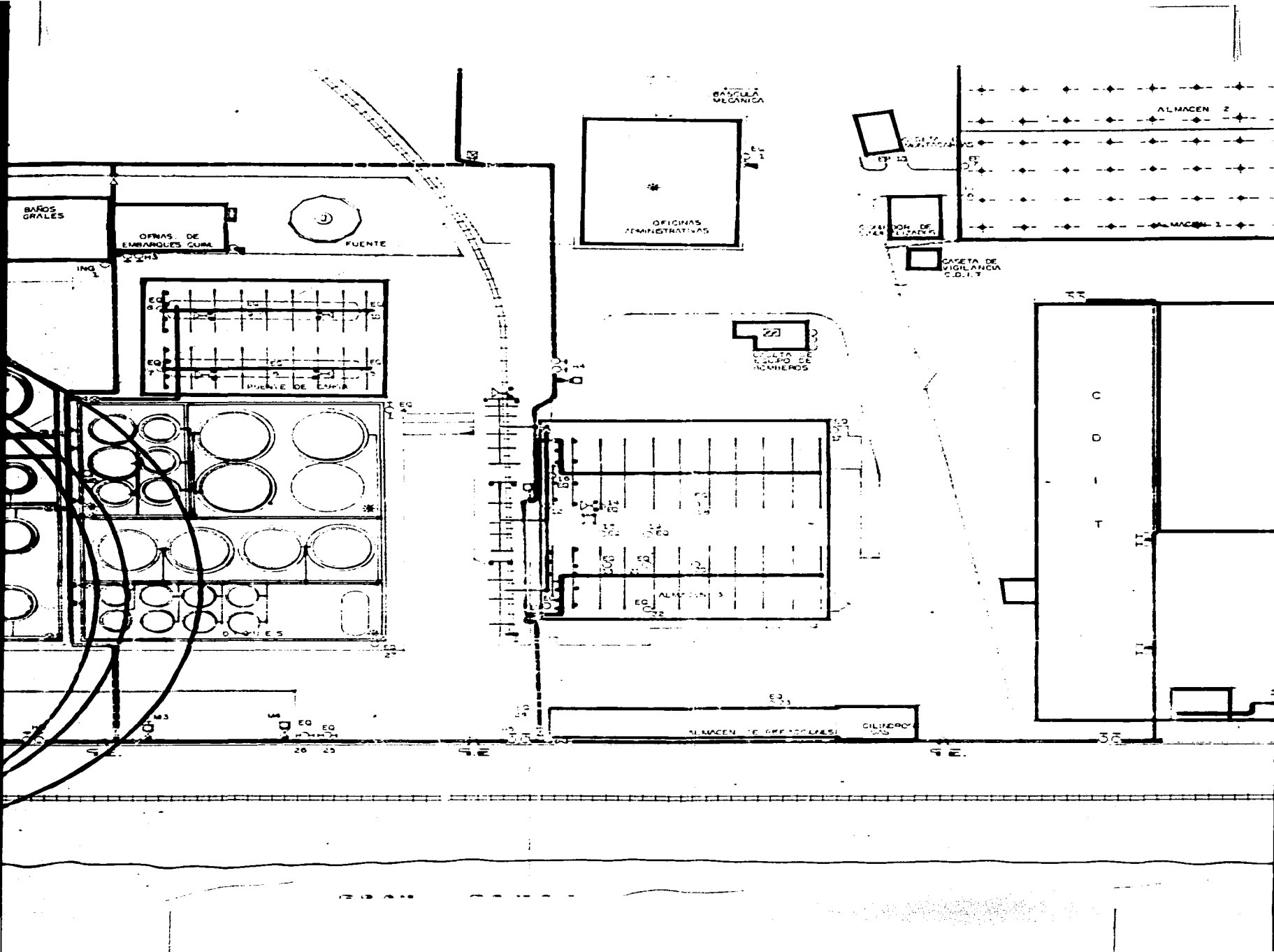
12

110

33 DE BOM

21 H 8





BASCULA
MECANICA



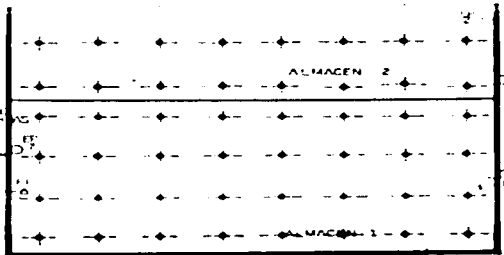
OFICINAS
ADMINISTRATIVAS



EP 12



CASA DE
SALA



ALMACEN 2

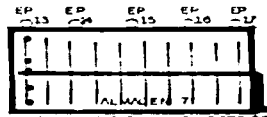
ALMACEN 1

EP 8

EP 5



CASETA DE
VIGILANCIA
C.D.1.1



ALMACEN 7

EP 13

EP 14

EP 15

EP 16

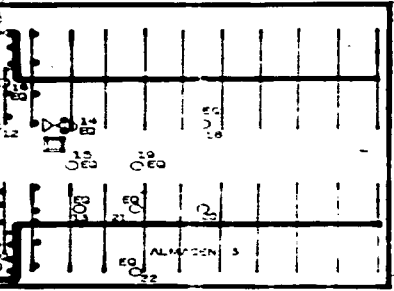
EP 17



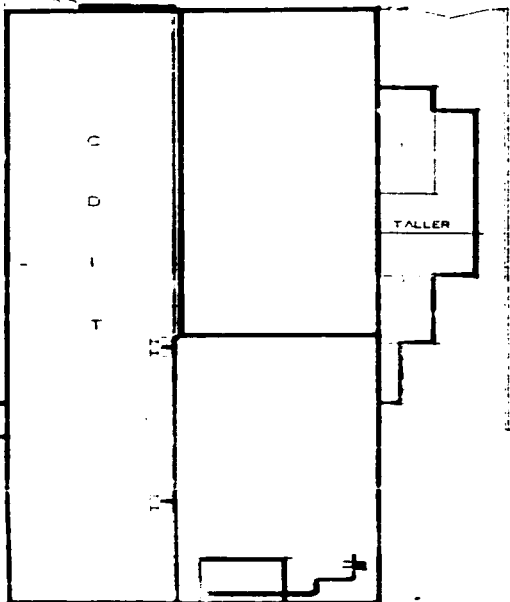
ESTACIONAMIENTO 1



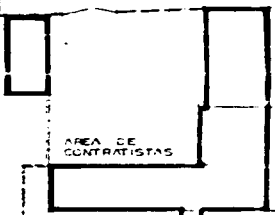
CASETA DE
EQUIPO DE
HOMBROS



ALMACEN 3



TALLER



AREA DE
CONTRATISTAS



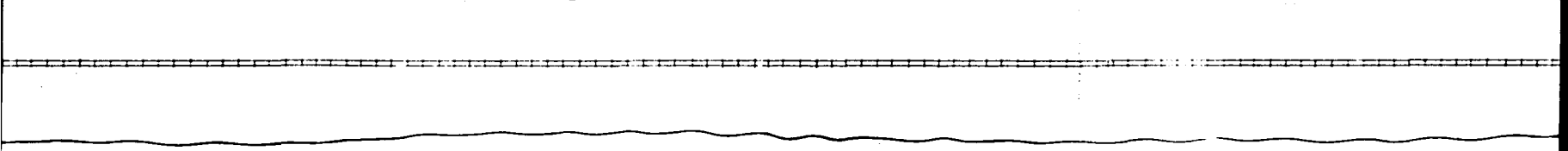
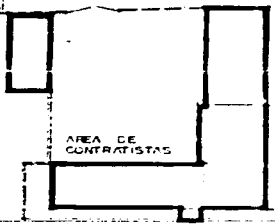
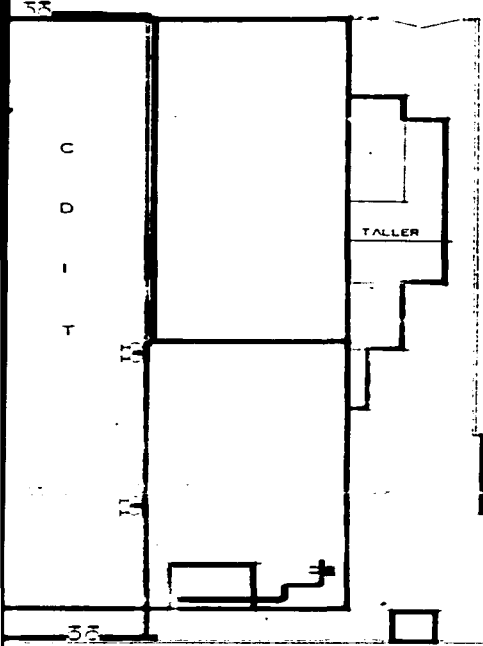
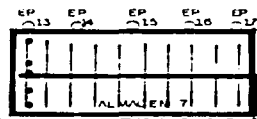
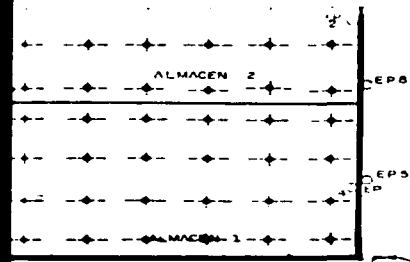
ALMACEN DE REFACCIONES

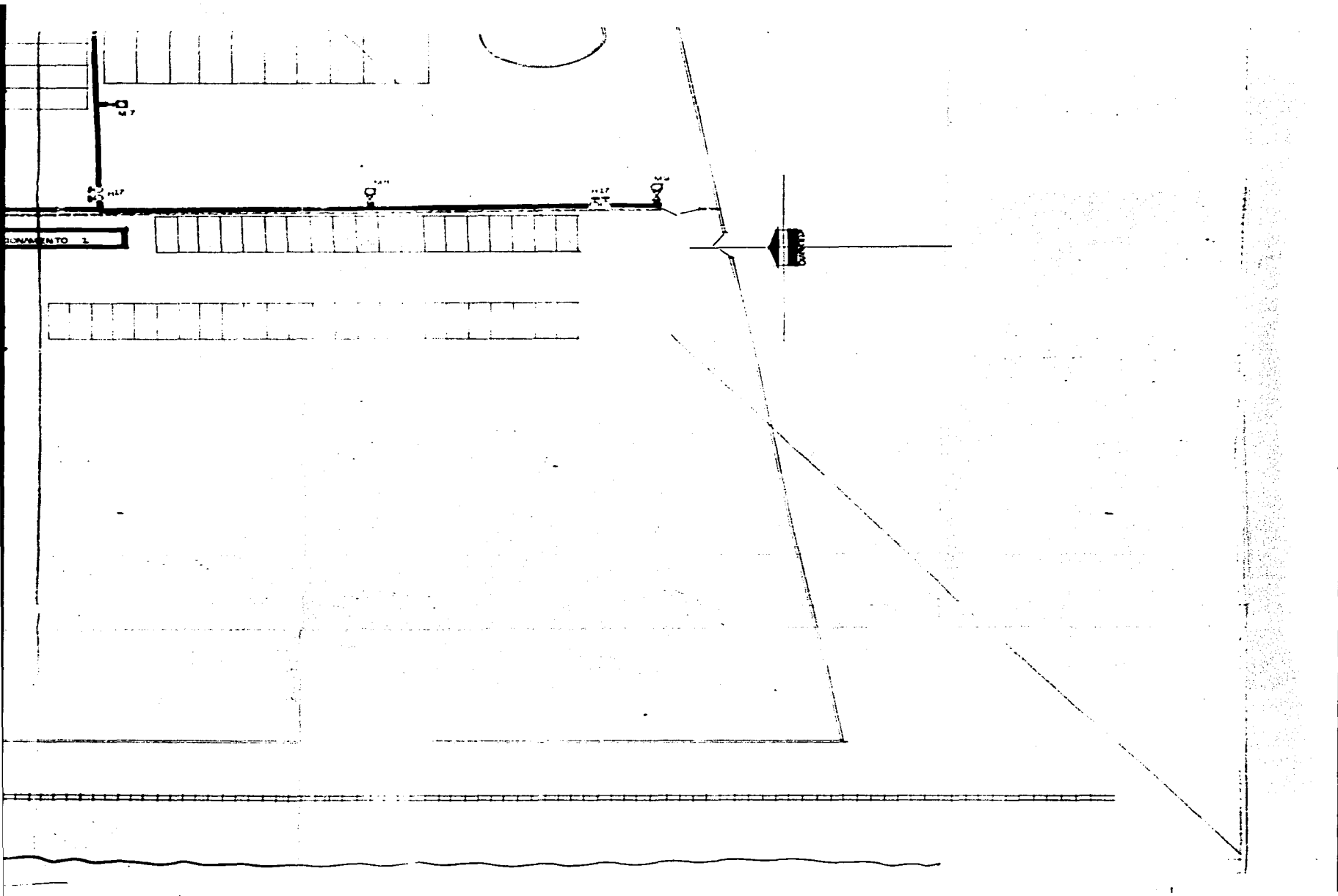
CILINDROS

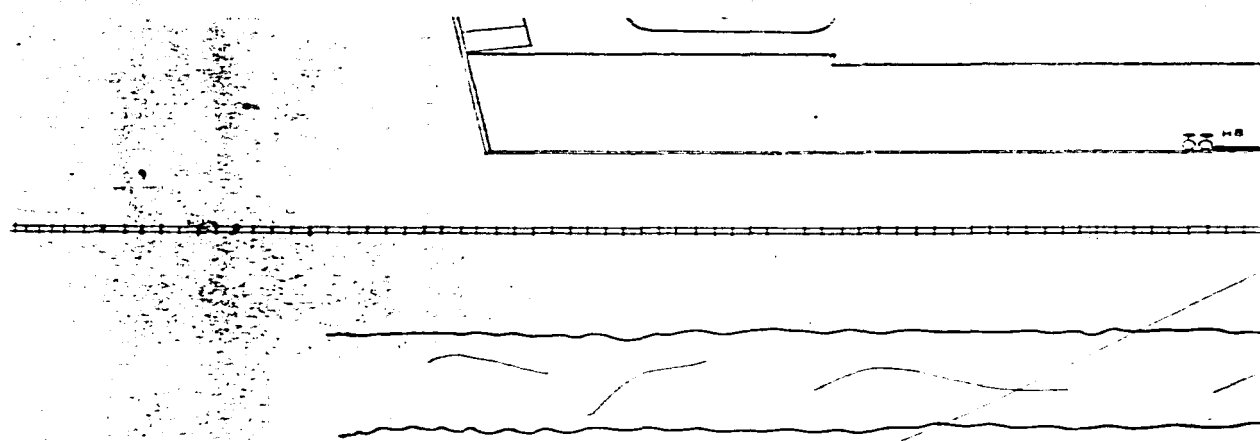
EQ 23

35

9 E.

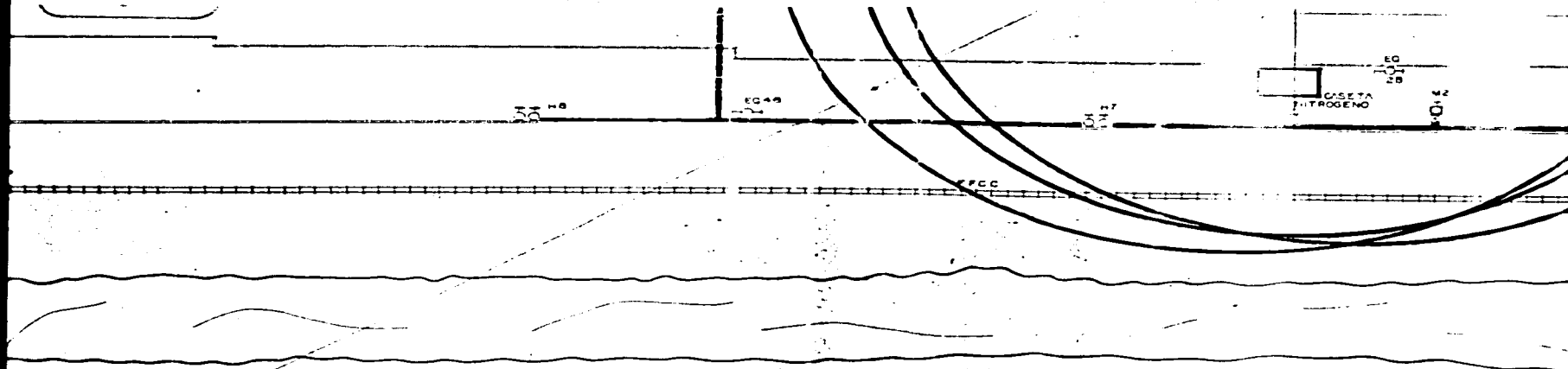






- ☐ MONITOR EN TORRE
- ◻ MONITOR
- ◻ ALARMA
- RED DE TUBERIA DE A AGUA CONTRA INCENDIO
- ⊠ VALVULA DE MAROMA
- ⊗ VALVULA CLAYTON

- ⊠ V
- R
- I
- ⊠ E
- ⊠ E
- ⊠ E



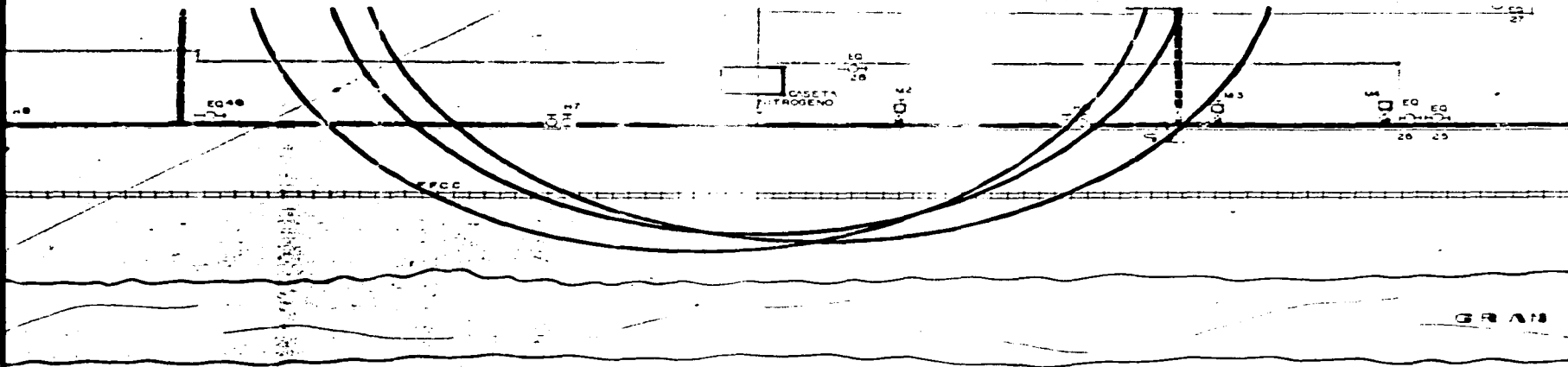
S I M B O L O G I A

MONITOR EN TORRE
 MONITOR
 ALARMA
 RED DE TUBERIA DE AGUA CONTRA INCENDIO
 VALVULA DE MAROMA
 VALVULA CLAYTON

- ✕ VALVULA SECCIONAL
- ROCIADORES
- HIDRANTE
- ▣ BOMBA DE COMBUSTION INTERNA
- ▤ BOMBA ELECTRICA AUTOMATICA
- ▥ BOMBA JOCKY

- ◆ DETECTOR DE HUMO
- MOTOR BOMBA
- EXTINTOR DE POLVO QUIMICO abc DE 20 lbs.
- ⊖ EXTINTOR DE POLVO QUIMICO abc SOBRE RUEDAS DE 150 lbs.
- ⊙ EXTINTOR DE CO₂



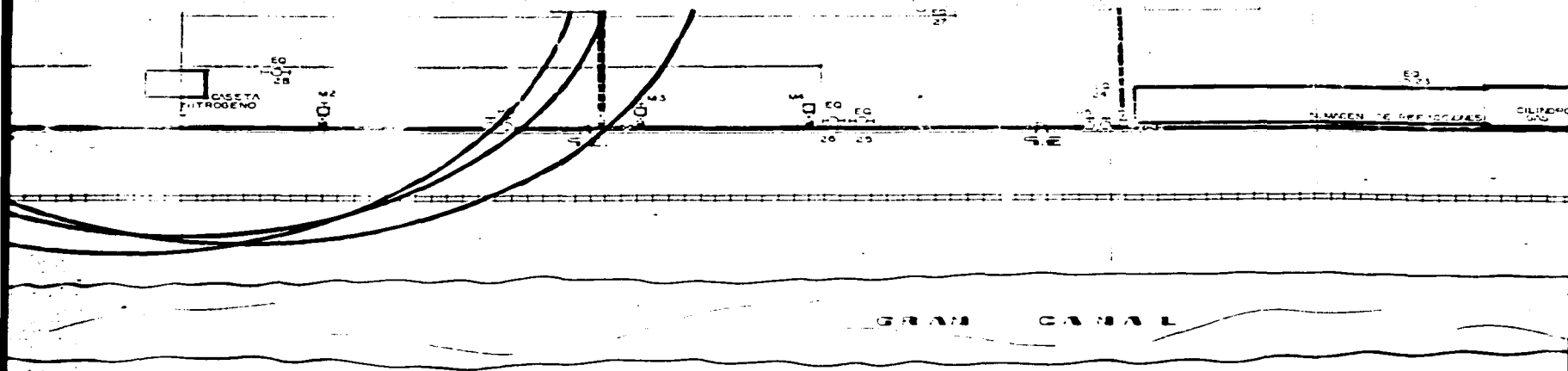


S E M B O L O G I A







- VALVULA SECCIONAL
- ROCIADORES
- HIDRANTE
- ▣ BOMBA DE COMBUSTION INTERNA
- ▤ BOMBA ELECTRICA AUTOMATICA
- ▥ BOMBA JOCKY

- ◆ DETECTOR DE HUMO
- MOTOR BOMBA
- EXTINTOR DE POLVO QUIMICO abc DE 20 lbs.
- EXTINTOR DE POLVO QUIMICO abc SOBRE RUEDAS DE 150 lbs.
- ◎ EXTINTOR DE CO₂

- ▧ EQUIPO DE BOMBEROS
- LAVA OJOS
- ▽ REGADERAS DE EMERGENCIA
- ▨ CAMILLA DE EMERGENCIA
- ▩ CAMPANA DE EXTRACCION
- ⌂ SALIDA DE EMERGENCIA

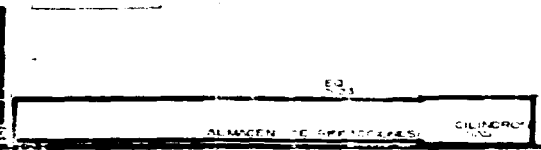


OR DE HUMO
 BOMBA
 R DE POLVO QUIMICO abc DE 20 lbs.
 R DE POLVO QUIMICO abc SOBRE
 DE 150 lbs.
 R DE CO₂

-  EQUIPO DE BOMBEROS
-  LAVA OJOS
-  REGADERAS DE EMERGENCIA
-  CAMILLA DE EMERGENCIA
-  CAMPANA DE EXTRACCION
-  S.E. SALIDA DE EMERGENCIA

 PARARAYOS

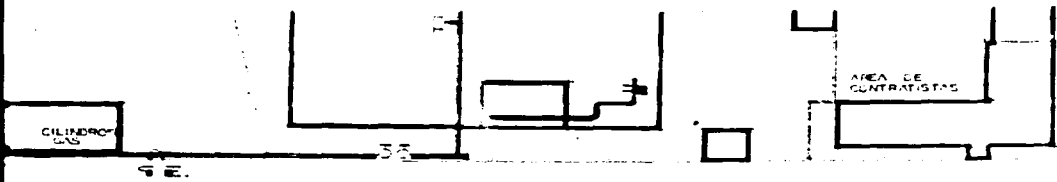
Cap 48



AL

YOS

FECHA	REVISO	REVISION GENERAL
		TITULO
	E R S A V B	



		E R S		REVISION GENERAL		
		A	V	B		
FECHA	REVISO	TITULO			ABRORO	

AREA DE
CONTRATISTAS

FECHA	REVISOR	TITULO	APROBADO
	E R S A V B	REVISION GENERAL	

DEPTO. DE INGENIERIA

PLANO

**EQUIPOS DE
RED CONT**

GRUPO

ARG. PRIMO LUIS Z.

REVISOR

ING. EDUARDO RUIZ SALCINES

ING. ALEJANDRO VAZQUEZ BRAVO

AREA DE CONTRATISTAS

FECHA	REVISO	TITULO	ACORDO
	E R S A V B	REVISION GENERAL	

DEPTO. DE INGENIERIA

PLAZA

EQUIPOS DE RED CONTRATISTAS

PROJ: **ARG. PRIMO LUIS Z**

REVISO: **ING. EDUARDO RUIZ SALCINES**

ING. ALEJANDRO VAZQUEZ BRAVO

DEPTO. DE INGENIERIA PLANTA SAN CRISTOBAL

PLANT.

**EQUIPOS DE SEGURIDAD Y
RED CONTRA INCENDIO**

DESB.

ARG. PRIMO LULE Z.

FECHA:

ESCALA

1 500

ACOTACION

EN METROS

REVISO

ING. EDUARDO RUIZ SALCINES

FEBRERO

1996

ING. ALEJANDRO VAZQUEZ BRAVO

APROBADO

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1 "Hazardous Chemicals Data" NFPA No. 49, National Fire Protection Association, Boston, Mass
- 2 "Manual of Hazardous Chemical Reactions" NFPA No. 491M, 1975
National Fire Protection Association, Boston, Mass
- 3 L. Bretherick "Handbook of Reactive Chemical Hazards", Butterworth's Scientific Publications, 1975
- 4 "National Electrical Code" NFPA No. 70 - 1986 National Fire Protection Association, Boston, Mass
- 5 "IATA Restricted Articles Regulations" 20th ED Aug 77, International Air Transport Association, Geneva
- 6 "Code of Federal Regulations - Title 49 - Transportation" 1977, U.S. Government Printing Office, Washington
- 7 "Properties of Flammable Liquids, Gases and Volatile Solids" NFPA No. 325M, 1984
National Fire Protection

- 8 "Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1987-1988" American Conference of Governmental Industrial Hygienists USA
- 9 Manual de manejo de Materiales Peligrosos (MSD S) Celanese Mexicana, S A
- 10 D J Lewis "The Application of the Mond Fire, Explosion & Toxicity index Layout and Spacing Distances", Paper for presentation at the AIChE Loss Prevention Symposium Houston, Texas on April 1-5 1979
- 11 American Society of Mechanical Engineers "ASME Boiler & Pressure Vessel Code, Section VIII Divisions 1 & 2, Pressure Vessels" 1977 Edition
- 12 American Society of Mechanical Engineers "Gas Transmission & Distribution Piping Systems" American National Standard ANSI B 31.8 - 1975
- 13 American Society of Mechanical Engineers "Chemical Plant & Petroleum Refinery Piping" American National Standard ANSI 31.3 - 1976 plus agenda dated 15 June 1978 and 29 Sep 1978
- 14 H G Lawley "Operability Studies and Hazard Analysis" American Institute of Chemical Engineers, Loss Prevention Vol 8 pp 105-116, 1974

15 Factory Mutual Engineering Corporation "Loss Prevention Data, Section 1-21", July y
1977

16 National Fire Protection Association, "Standard for Water Spray Fixed Systems for
Fire Protection", NFPA 15, 1977 National Fire Protection Association, Boston, Mass

15 Factory Mutual Engineering Corporation "Loss Prevention Data, Section 1-21", July y
1977

16 National Fire Protection Association, "Standard for Water Spray Fixed Systems for
Fire Protection", NFPA 15, 1977 National Fire Protection Association, Boston, Mass