



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**SEGURIDAD INDUSTRIAL APLICADA A LA  
INGENIERIA PETROLERA**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO PETROLERO  
P R E S E N T A N  
CRESCENCIO GARCIA HERNANDEZ  
ESTEBAN OSEGUERA HERNANDEZ  
MEXICO, D. F. 1983



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## I N D I C E

P a g.

I.	INTRODUCCION -----	1
	I.1 Origen de la Seguridad -----	2
	I.2 Prevención de Accidentes de Trabajo -----	5
	I.3 Administración y Seguridad -----	7
	I.4 Consideraciones Legales de la Seguridad -----	9
	I.5 Comisiones Mixtas de Seguridad e Higiene -----	13
II.	ACCIDENTES -----	
	II.1 Factores del Accidente -----	16
	II.2 Programa para Eliminar Actos Inseguros -----	20
	II.3 Evaluación de la Seguridad -----	33
	II.4 Costos de Accidentes -----	38
	II.5 Programa para Prevención de Accidentes -----	41
III.	SEGURIDAD EN LAS DIFERENTES AREAS DE TRABAJO -----	
	III.1 Orden y Limpieza Industrial -----	59
	III.2 Manejo de Materiales -----	61
	III.3 Riesgos Mecánicos -----	64
	III.4 Riesgos en Construcción -----	78
	III.5 Ruido -----	83
	III.6 Iluminación y Colores -----	91
	III.7 Riesgos Eléctricos -----	103
	III.8 Riesgos de Incendio -----	116
	III.8.1 Distribución y Cálculo de Redes Hidráulicas --	131
	III.9 Riesgos Químicos -----	158
	III.10 Transporte de Productos Peligrosos -----	173
	III.11 Riesgos por Radiación -----	185
	III.11.1 Radiación Ionizante -----	186

	P a g.
III.11.2 Radiación no Ionizante -----	192
III.12 Riesgos Relativos a los Materiales Biológicos -----	195
IV.    INSPECCION TECNICA -----	
IV.1 Corrosión -----	201
IV.2 Protección Catódica -----	208
IV.3 Recipientes a Presión -----	218
V.    PRIMEROS AUXILIOS -----	228
VI.    CONCLUSIONES -----	238
VII.    BIBLIOGRAFIA -----	

## I. INTRODUCCION

El trabajador en la industria, se encuentra expuesto a riesgos mecánicos, físicos y químicos de diversa índole, frecuencia, concentración y periodicidad, como consecuencia de la misma actividad industrial, ya que ésta, requiere de una gran variedad de condiciones de operación.

SEGURIDAD, es una palabra que indica certeza, tranquilidad, calma; se puede hablar de varios tipos de seguridad, como por ejemplo:

Seguridad Social  
Seguridad Personal  
Seguridad Industrial

SEGURIDAD SOCIAL. Es la parte de la previsión, que resuelve las formas de protección a los individuos, contra los riesgos cuya realización, les hace perder su capacidad de trabajo y de convivencia social por lesiones o por traumas mentales.

SEGURIDAD PERSONAL. Con respecto al trabajo, comprende el estudio y métodos de protección y trabajo de los operarios en los centros de labores.

SEGURIDAD INDUSTRIAL. Es el conjunto de ciencias y técnicas, que tienen por objeto reducir la frecuencia y gravedad de los accidentes en la industria, con el fin de proteger los recursos humanos, materiales, tecnológicos y económicos de ésta. Para lograr este fin se vale de los siguientes medios:

Prevención de accidentes

Higiene Industrial  
Prevención y Combate de Emergencias  
Protección Física  
Inspección Técnica

## I.1 ORIGEN DE LA SEGURIDAD

Esta se remonta hasta la época del hombre de las cavernas, el cual ya buscaba seguridad al formar clanes y organizaciones tribales para trabajar, cazar y protegerse en grupo.

Luego, el hombre dominó el fuego, lo cual le brindó más protección y comodidad, pero acarreó consigo nuevos riesgos. Los riesgos de quemarse se aprenden.

La agricultura y el lenguaje (comunicación), se desarrollaron sobre la base de lograr una mejor forma de cubrir sus necesidades básicas de supervivencia (seguridad).

Las civilizaciones al crear ciudades modifican los riesgos.

La especialización del trabajo y el surgimiento de las artesanías. La relación maestro-oficial-aprendiz.

El artesano trabajaba a solas con un ayudante o aprendiz. Si moría o quedaba incapacitado debido a un accidente de trabajo, no despertaba gran atención, ya que del accidente sólo se enteraban las personas que lo conocían. Generalmente los accidentes se debían a caídas, objetos que caían y/o quemaduras. Determinadas enfermedades profesionales eran acepta-

das como parte del trabajo, como por ejemplo, el envenenamiento por mercurio de los sombrereros, saturnismo o envenenamiento de los pintores, etc.

La Revolución Industrial, fines del Siglo XVIII y principios del Siglo XIX.

La aparición de la fábrica e invención y mejoramiento de la maquinaria para que se mantuviera al ritmo de la industrialización en expansión, trajo consigo nuevos riesgos. Las máquinas se proyectaban sin tomar en cuenta la seguridad ni la comodidad de los operarios, además, éstos no estaban preparados ni habituados al uso de las nuevas máquinas, lo que trajo más riesgos y mayores, los accidentes se multiplicaron y las lesiones se hicieron más graves.

Capitalismo y Administración Moderna-Sindicalismo.

El sindicato obrero consciente de la seguridad industrial despliega vigorosas campañas a favor de condiciones de trabajo seguras en fábricas y talleres. Los sindicatos han establecido programas especializados de educación en materia de seguridad industrial para sus respectivos tipos de industria. Algunos sindicatos producen películas cuyo tema es la seguridad industrial, y otros en colaboración con patronos han redactado "Reglamentos de Seguridad", cuya observancia es condición precisa para la conservación del empleo.

Situación Actual. Ocultamiento y Simulación de Accidentes.

El accidente es un suceso inesperado, no planeado, que altera el ritmo normal de la producción. Es un hecho involuntario que se realiza por un previo acondicionamiento de factores que se consideran como causas. Los accidentes pueden tener como consecuencia lesiones.

Por lo general, las lesiones personales se producen únicamente como resultado de accidentes. Para eliminar las lesiones personales, se tiene que eliminar los accidentes.

El accidente, que aparece como una resultante, tiene a su vez efectos que se manifiestan posteriormente a su acontecimiento. Con éstos, se forma una secuencia, desde antes del suceso del mismo, hasta después de él, los cuales son susceptibles de un análisis de causas a efectos, así, como la posibilidad de suceso del propio accidente.

Se ha dicho que el accidente es un suceso escaso, porque se mide en frecuencia de millonésimas, con base en un millón de horas-hombre laboradas, a fin de cuantificarlo en cifras enteras; que no se le puede atrapar porque, cuando se sabe de su existencia ya es relativamente mucho después de su aparición; que se le da diversidad de nombres, tales como: caídas, cortaduras, incendio, etc., y que ningún accidente es igual a otro. No obstante, todo lo anterior se le debe definir, encontrar su camino y nulificarlo.

El complejo sistema formado alrededor del accidente sugiere diversos atributos de éste, como los siguientes:

- Es un hecho involuntario
- Es un hecho que no se planea en el programa de actividades
- Es un hecho que interrumpe la secuela planeada
- Es un hecho que trae efectos distintos a los preconcebidos
- Es un hecho que afecta al hombre, a los bienes, a la producción y a los costos
- Es un hecho previsible
- Es el Riesgo Realizado



En la década de los 30's el Ingeniero H.W. Heinrich, desarrolló una teoría sobre las causas de accidentes donde las dividía en: causas remotas, causas inmediatas, acto inseguro y condición peligrosa, accidente y consecuencias.

Las causas remotas lo constituyen aspectos genéticos o hereditarios.

Las causas inmediatas son la preparación, el nivel cultural, el temperamento y problemas psíquicos.

El acto inseguro se genera por la violación a los procedimientos establecidos.

Las condiciones peligrosas consisten en una condición física impropia, como por ejemplo: falta de resguardos a la maquinaria, iluminación deficiente, etc.

El accidente, es la actualización de todos los factores anteriormente mencionados.

Las consecuencias de un accidente son una posible lesión y pérdida de productividad.

## I.2 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DE TRABAJO

No existe la menor duda de que los accidentes son costosos para la industria y para la sociedad. Hoy en día no hay excusa para no intentar evitar posibles lesiones a los trabajadores.

Existe una interrelación entre los aspectos prácticos y morales de la prevención de accidentes, ya que éstos producen por una parte, pérdidas de recursos y de fuerza de trabajo, y por otra, sufrimientos físicos y mentales.

La experiencia enseña que no existe prácticamente peligro alguno que no pueda ser evitado a través de medidas de seguridad.

En resumen, he aquí las razones que justifican los continuos esfuerzos en pro de la prevención de accidentes.

1. La innecesaria destrucción de la salud y la vida humana, constituye una acción moralmente reprochable.
2. Quien, pudiendo evitar un accidente, deja de adoptar las medidas necesarias a tal fin, incurre en una responsabilidad moral.
3. Los accidentes limitan sustancialmente la eficiencia y la productividad.
4. Los accidentes producen daños de consecuencias sociales imprevisibles.
5. El movimiento en pro de la seguridad ha demostrado la efectividad de sus métodos de reducción de accidentes.
6. No se ha presentado hasta ahora elemento de juicio alguno que indique que los profesionales de seguridad se estén acercando a la cima de sus posibilidades en lo concerniente a la difusión de los valores morales y las ventajas prácticas de la prevención de accidentes.

#### DESCUBRIMIENTO EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

A medida que aumenta la experiencia acumulada en relación con la prevención de accidentes, se hace patente la posibilidad de que la in-

geniería contribuya a evitar los mismos, así como de instruir a los trabajadores en la tarea de evitar riesgos y de establecer normas de seguridad, imponiendo su cumplimiento. Así, se establecieron los tres principios fundamentales de los programas de prevención de accidentes, los cuales son:

INGENIERIA. Proporciona información respecto a lo que está mal, y cómo hay que corregirlo (por medio de conocimientos técnicos).

EDUCACION. Consiste en la enseñanza de seguridad industrial a todos los involucrados:

- Es convencer a la dirección para que:
  - a) Corrija las condiciones inseguras que se descubran en el estudio de ingeniería.
  - b) Instaure y sostenga un programa de seguridad industrial.
- Adiestrar a los trabajadores y conseguir su apoyo al programa.
- Convencer a los sobrestantes y personal técnico para que aporten voluntariamente su colaboración.

CUMPLIMIENTO. Dentro de la instalación significa que el trabajador observe las reglas señaladas por la empresa; por lo que respecta al Estado significa inspección de la instalación y emisión de órdenes para que se corrijan violaciones a la ley.

### I.3 ADMINISTRACION Y SEGURIDAD

La administración se define como la obtención de resultados con la colaboración de las personas, mediante una dirección eficaz a través

de una estructura adecuada.

Busca la conciliación de los intereses legítimos de los individuos y de los grupos. En ella intervienen hombres, energía, máquinas y materiales en forma coordinada dentro de un sistema de trabajo, en el cual opera el proceso administrativo como una función de grupo, cuando se constituyen las actividades de la autoridad y de la dirección, que definen las labores y su ejecución.

Los aspectos fundamentales de la administración son los siguientes:

1. Planeación. Consiste en elegir las metas y objetivos, así como los procedimientos para alcanzarlos.
2. Organización. Es la estructuración de la empresa, fija los niveles y áreas de trabajo, con sus características, sus atribuciones y sus responsabilidades.
3. Integración. Comprende el establecimiento de los factores de desarrollo de las partes del grupo, incluyendo las funciones de selección, introducción y crecimiento de dichos factores.
4. Dirección. Consiste en un conjunto de hechos de efectos subjetivos y efectos materiales, del cual dependen la eficacia y resultados del conjunto de actividades y que unifica los factores psicológicos, sociológicos y normativos, para crear la aceptación de procedimientos y de división de trabajo.
5. Control. Es la medición de resultados, y permite comparar las sucesivas realizaciones, en diversas etapas, a fin de orientar las decisiones sobre el futuro.

En el desarrollo práctico de la seguridad industrial se aplica toda la metodología administrativa, comprendiendo principalmente, los aspectos de fijación de metas, distribución de funciones, dirección de actividades y control de las mismas.

La autoridad fundamental del asesor de seguridad es moral, pero en muchas ocasiones debe asumir un mando ejecutivo en forma definitiva, principalmente en las emergencias.

Luego entonces, la seguridad industrial es una parte de la administración moderna, cuya función es proteger la integridad del hombre en su trabajo y mantenerlo como elemento activo, es una garantía para el mantenimiento de los recursos humanos y físicos de una nación y contribuye a formar el espíritu de grupo, así como a alcanzar el bienestar necesario en toda labor.

#### I.4 CONSIDERACIONES LEGALES DE LA SEGURIDAD.

Como ya se ha mencionado anteriormente el accidente de trabajo, es un acontecimiento repentino e involuntario que altera el orden establecido para las actividades y que puede tener consecuencias sobre el hombre, los bienes, el trabajo y los costos. Los accidentes de trabajo son previstos por la ley, y alcanzan rango constitucional, como se observa en el Art. 123 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Art. 123. Toda persona tiene derecho al trabajo digno y socialmente útil; al efecto, se promoverán la creación de empleos y la organización social para el trabajo, conforme a la ley.

El Congreso de la Unión, sin contravenir a las bases siguientes, deberán expedir leyes sobre el trabajo, las cuales regirán:

A. Entre los obreros, jornaleros, empleados, domésticos, artesanos y, de una manera general, todo contrato de trabajo: Fracción XIV. Los empresarios serán responsables de los accidentes de trabajo y de las enfermedades profesionales de los trabajadores, sufridos con motivo o en ejercicio de la profesión o trabajo que ejecuten; por lo tanto, los patrones deberán pagar la indemnización correspondiente, según que haya traído como con

secuencia la muerte o simplemente incapacidad temporal o permanente para trabajar, de acuerdo con lo que las leyes determinen. Esta responsabilidad subsistirá aún en el caso de que el patrón contrate el trabajo por medio de un intermediario. Fracción XV. El patrón estará obligado a observar, de acuerdo con la naturaleza de su negociación, los preceptos legales sobre higiene y seguridad en las instalaciones de su establecimiento, y, a adoptar las medidas adecuadas para prevenir accidentes en el uso de máquinas, instrumentos y materiales de trabajo, así como a organizar de tal manera éste, que resulte la mayor garantía para la salud y la vida de los trabajadores, y del producto de la concepción, cuando se trate de mujeres embarazadas. Las leyes contendrán al efecto, las sanciones procedentes en cada caso.

B. Entre los poderes de la Unión, los Gobiernos del Distrito y de los Territorios Federales y sus trabajadores. Fracción XI. La seguridad social se organizará conforme a las siguientes bases mínimas:

- a) Cubrirá los accidentes y enfermedades profesionales; las enfermedades no profesionales y maternidad y la jubilación, la invalidez, vejez y muerte.
- b) En caso de accidente o enfermedad se conservará el derecho al trabajo por el tiempo que determine la ley.

La Ley Federal del Trabajo considera los efectos del accidente sobre el hombre, con fines legales tratándolo como un hecho realizado dentro del trabajo, así tenemos:

Art. 47. Son causas de rescisión de la relación de trabajo sin responsabilidad para el patrón: Fracción VII. Comprometer el trabajador, por su imprudencia o descuido inexcusable, la seguridad del establecimiento o de las personas que se encuentren en él. Fracción XII. Negarse el trabajador a adoptar las medidas preventivas, o a seguir los procedimientos indica

dos para evitar accidentes o enfermedades.

Art. 51 Son causas de rescisión de la relación de trabajo, sin responsabilidad para el trabajador: Fracción VII. La existencia de un peligro grave para la seguridad o salud del trabajador o su familia, ya sea por carecer de condiciones higiénicas el establecimiento o porque no se cumplan las medidas preventivas y de seguridad que las leyes establezcan.

Fracción VIII. Comprometer el patrón, con su imprudencia o descuido inexcusables, la seguridad del establecimiento o de las personas que se encuentren en él.

Art. 132. Son obligaciones de los patrones: Fracción XVI. Instalar, de acuerdo con los principios de seguridad e higiene, las fábricas, talleres, oficinas y demás lugares en que deban ejecutarse las labores, para prevenir riesgos de trabajo y perjuicios al trabajador, así como adoptar las medidas necesarias para evitar que los contaminantes excedan los máximos permitidos en los reglamentos e instructivos que expidan las autoridades competentes. Para estos efectos, deberán modificar, en su caso, las instalaciones en los términos que señalen las propias autoridades. Fracción XVII. Cumplir las disposiciones de seguridad e higiene que fijen las leyes y los reglamentos para prevenir los accidentes y enfermedades en los centros de trabajo y, en general, en los lugares en que deban ejecutarse las labores; y, disponer en todo tiempo de los medicamentos y materiales de curación indispensables que señalen los instructivos que se expidan, para que se presten oportuna y eficazmente los primeros auxilios; debiendo dar, desde luego, aviso a la autoridad competente de cada accidente que ocurra. Fracción XVIII. Fijar visiblemente y difundir en los lugares donde se preste el trabajo, las disposiciones conducentes de los reglamentos e instructivos de seguridad e higiene.

Art. 134. Son obligaciones de los trabajadores: Fracción II. Observar las medidas preventivas e higiénicas que acuerden las autoridades

competentes y las que indiquen los patrones para la seguridad y protección personal de los trabajadores. Fracción VIII. Prestar auxilios en cualquier tiempo que necesiten, cuando por siniestro o riesgo inminente peligren las personas o los intereses del patrón o de sus compañeros de trabajo. Fracción XII. Comunicar al patrón o a su representante las deficiencias que adviertan, a fin de evitar daños o perjuicios a los intereses y vidas de sus compañeros de trabajo o de los patrones.

Art. 135. Queda prohibido a los trabajadores: Fracción I. Ejecutar cualquier acto que pueda poner en peligro su propia seguridad, la de sus compañeros de trabajo o la de terceras persona, así como la de los establecimientos o lugares en que el trabajo se desempeñe.

Art. 422. Reglamento interior de trabajo es el conjunto de disposiciones obligatorias para los trabajadores y patrones en el desarrollo de los trabajos en una empresa o establecimiento.

No son materia del reglamento las normas de orden técnica y administrativa que formulen directamente las empresas para la ejecución de los trabajos.

Art. 423. El reglamento contendrá: Fracción VI. Normas para prevenir los riesgos de trabajo e instrucciones para prestar los primeros auxilios. Fracción VII. Labores insalubres y peligrosas que no deben desempeñar los menores y la protección que deben tener las trabajadoras embarazadas.

Art. 472. Las disposiciones de este título se aplican a todas las relaciones de trabajo, incluidos los trabajos especiales, con la limitación consignada en el artículo 352.



Art. 352. No se aplican a los talleres familiares las disposiciones de esta ley, con excepción de las normas relativas a higiene y seguridad.

## 1.5 COMISIONES MIXTAS DE SEGURIDAD E HIGIENE

Las Comisiones Mixtas de Seguridad e Higiene son los organismos que establece la Ley Federal del Trabajo en sus artículos 509 y 510, para investigar las causas de los accidentes y enfermedades en los centros de trabajo, proponer medidas para prevenirlos y vigilar que se cumplan.

Art. 509. En cada empresa o establecimiento se organizarán las Comisiones de Seguridad e Higiene que se juzgue necesarias, compuestas por igual número de representantes de los trabajadores y del patrón para investigar las causas de los accidentes y enfermedades, proponer medidas para prevenirlos y vigilar que se cumplan.

Art. 510. Las comisiones a que se refiere el artículo 509, serán desempeñadas gratuitamente dentro de las horas de trabajo.

Luego entonces, las Comisiones Mixtas de Seguridad e Higiene son órganos legales que reflejan la responsabilidad obrero-patronal compartida. Su finalidad última es contribuir a la protección de la salud del trabajador, entendida ésta no sólo como la ausencia de enfermedad, sino como el más completo estado de bienestar físico, psíquico y social. Ahora, corresponde a trabajadores y empresarios hacer realidad estas disposiciones legales que contribuirán a disminuir los riesgos en el trabajo.

La Comisión Mixta de Seguridad e Higiene en el Trabajo, debe-

rá integrarse en un plazo no mayor de 30 días a partir de la fecha en que inicien sus actividades los centros de trabajo, y de inmediato en donde no existan. Deberán registrarse en la Secretaría del Trabajo y Previsión Social; específicamente en la Dirección General de Medicina y Seguridad en el Trabajo, perteneciente a la misma, si el centro de trabajo se ubica en el Distrito Federal, y en la Delegación Federal del Trabajo correspondiente o a la Dirección General de Medicina y Seguridad en el Trabajo, si el centro de trabajo se ubica en alguna de las entidades federativas.

#### COMISIONES MIXTAS DE SEGURIDAD E HIGIENE EN PEMEX

El artículo 324 de la Ley Federal del Trabajo establece la obligación de formar las Comisiones de Seguridad. En la fig. 1 se muestra la relación de organización de seguridad industrial en Pemex.

En Petróleos Mexicanos, tomando como base la disposición anterior, se ha creado, además de las Comisiones Mixtas de Seguridad e Higiene, una Comisión Nacional Mixta de Seguridad e Higiene, cuyas funciones se señalan en la cláusula 73 del Contrato Colectivo de Trabajo; dicha Comisión se integra por un representante del Sindicato y otro de la Administración, por cada una de las zonas norte, centro y sur, en que se divide la Industria, más uno por la rama de marina. Dicha Comisión tiene encomendada la vigilancia del funcionamiento normal de las Comisiones Mixtas de Seguridad e Higiene Locales.

La Comisión Nacional Mixta de Seguridad e Higiene, sesiona cuando menos una vez al mes, con el objeto de enterarse del funcionamiento de las Comisiones de los centros, formulando en su caso las recomendaciones de seguridad pertinentes, tomando acuerdos sobre asuntos que, por su importancia, lo ameriten. Además periódicamente, sus integrantes realizan reco-

rridos por las instalaciones del sistema, inspeccionando equipo y materiales, formulando recomendaciones tendientes a mejorar las condiciones de seguridad e higiene de los centros de trabajo, pero principalmente vigilando que las comisiones locales cumplan con su cometido.

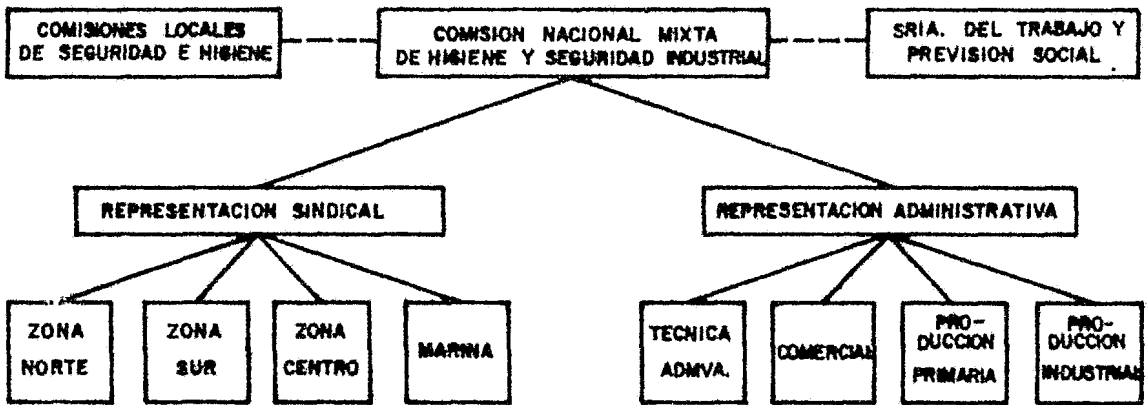


FIG. 1

#### COMISIONES MIXTAS DE SEGURIDAD E HIGIENE LOCALES

Funcionan dentro del sistema petrolero, 93 Comisiones y 7 Subcomisiones de Seguridad e Higiene que por Ley, tienen encomendada la investigación de los accidentes de trabajo y las medidas para prevenirlos. Su organización y funcionamiento están contenidos en el capítulo segundo del Reglamento de Medidas Preventivas de Accidentes del Trabajo. La Comisión Nacional Mixta de Seguridad e Higiene, apegándose a dichas disposiciones ha formulado, con la aprobación de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, un instructivo para estandarizar un sistema en toda la industria, de la forma en que deben trabajar las Comisiones Locales.

## II. ACCIDENTES

El accidente de trabajo es un suceso inesperado o imprevisto que interrumpe o entorpece el avance normal y ordenado de la actividad en cuestión; éste involucra conjuntamente o por separado hombres, materiales, maquinaria y herramientas, equipo y tiempo.

La FUENTE de un accidente es el tipo de trabajo que se hace o la actividad que se desempeña.

### II.1 FACTORES DEL ACCIDENTE

Los factores del accidente son los "hechos importantes o esenciales" del accidente y se emplean para determinar las causas de éstos, ya que nos ayudan a describir lo que sucedió. Estos factores se agrupan en seis categorías principales, como sigue:

1. El "agente"
2. La parte del agente
3. El tipo de accidente
4. La condición mecánica o física insegura
5. El acto inseguro
6. El factor personal inseguro

El agente es el objeto o sustancia más estrechamente relacionado con el accidente, y que pudo protegerse o corregirse debidamente.

La parte del agente es la parte determinada del agente más estrechamente asociada con la lesión, la cual pudo haber sido protegida o co-

regida debidamente.

El tipo de accidente es la forma de contacto de la persona lesionada con el objeto o sustancia, o la exposición o el movimiento de la persona que dio como resultado la lesión. Los tipos de accidentes se clasifican como sigue:

CAIDA . . . . .	AL MISMO NIVEL . . . . .	A DISTINTO NIVEL	
GOLPE . . . . .	CONTRA . . . . .	POR (OBJETOS)	
ATRAPADO . . . . .	EN . . . . .	SOBRE . . . . .	ENTRE (OBJETOS)
CONTACTO. . . . .	CON TEMPERATURAS EXTREMAS. . . . .		
	O CORRIENTE ELECTRICA		
INHALACION . . . . .	INGESTION . . . . .	ABSORCION . . . . .	DE SUSTANCIAS QUIMICAS
QUEMADURAS . . . . .	QUIMICAS . . . . .	CALORICAS	
RADIACIONES . . . . .	IONIZANTES . . . . .	NO IONIZANTES	
SOBRESFUERZOS. . . . .	AL LEVANTAR . . . . .	JALAR . . . . .	EMPUJAR
	O ALCANZAR		

La condición mecánica o física insegura es la condición física impropia del agente, que pudo haber sido protegida o corregida.

El acto inseguro es la violación de una norma o procedimiento considerado seguro comúnmente aceptado, cuya violación fue causa del tipo de accidente.

El factor personal inseguro es el estado mental o corporal del individuo que permite u ocasiona el acto inseguro. Los principales factores son: una actitud impropia (desinterés en la seguridad), falta de conocimiento o habilidad (deficiencia en el adiestramiento), e impedimento físico.

En la fig. 2 se muestra un reporte de accidente de trabajo,

**SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL**  
**DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS ECONOMICOS Y ESTADISTICA**  
 Esq. Dr. Río de la Loza y Dr. Vértiz, México 7, D.F.

FIG 2

**REPORTÉ DE ACCIDENTE DE TRABAJO**  
**INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO**

ACCIDENTE No. \_\_\_\_\_

ESTE DOCUMENTO DEBERA LLENARSE POR TRIPLICADO Y ENTREGARSE DENTRO DE LAS 48 HRS. DESPUES DE OCURRIDO EL ACCIDENTE Y REMITIRSE INMEDIATAMENTE A LA SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL. DE NO HACERLO ASI, SE APLICARAN LAS SANCIONES CORRESPONDIENTES, DE ACUERDO A LA LEY DE ESTADISTICA EN VIGOR.

**IDENTIFICACION DE LA EMPRESA**

2.- Registro Federal de Causantes IMP-650823

1.- Nombre, Razón Social o Denominación Legal: Instituto Mexicano del Petróleo

3.- Domicilio: Av. de los Cien Metros No. 152 5-67-66-00 y 5-67-91-00

Calle No. Exterior No. Interior Teléfono Z.P.

4.- Entidad Federativa, Municipio y Localidad: México, D.F.

5.- Giro o Actividad: Instituto Mexicano del Petróleo

6.- Centro de Trabajo: México-Sede

7.- el mismo Nombre de la Sucursal, Unidad, Planta, etc. 8.- la misma D.F.

Domicilio Z.P. Entidad Federativa Municipio Localidad

9.- Registro Patronal del IMSS: ISSSTE

**CARACTERISTICAS DEL ACCIDENTADO**

10.- Registro Federal de Causantes: \_\_\_\_\_

11.- Nombre y Apellidos: \_\_\_\_\_

12.- Domicilio: \_\_\_\_\_

13.- Estado Civil: Casado a)  Soltero b)  Divorciado c)  Viudo d)  Unión Libre e)

14.- Sexo: Masculino a)  Femenino b)  15.- Edad: \_\_\_\_\_ Años cumplidos

16.- Último año de estudios aprobado: \_\_\_\_\_

17.- Antigüedad en el puesto: \_\_\_\_\_ Años \_\_\_\_\_ Meses

18.- Antigüedad en la empresa: \_\_\_\_\_ Años \_\_\_\_\_ Meses

19.- Ocupación u oficio habitual del accidentado: \_\_\_\_\_

20.- Ocupación que desempeñaba al ocurrir el accidente: \_\_\_\_\_

21.- Número de personas que dependen económicamente del trabajador: \_\_\_\_\_

22.- Departamento al que pertenece: \_\_\_\_\_

23.- Clase de trabajador: \_\_\_\_\_  24.- Salario diario \_\_\_\_\_

Especifique: Planta, Transitorio, Confianza, etc

25.- Clase de Seguro: \_\_\_\_\_  26.- Clave del Seguro \_\_\_\_\_

Especifique: IMSS, ISSSTE, Seguro de la Empresa

**DAÑO DEL ACCIDENTE**

27.- Si hubo daños materiales se estiman en \$ \_\_\_\_\_

28.- Parte lesionada del cuerpo: \_\_\_\_\_

29.- Naturaleza de la lesión: \_\_\_\_\_

Fractura, Quemadura, etc.

30.- Descripción general de las heridas: \_\_\_\_\_

31.- Día de trabajo uno o más días a consecuencia del accidente. Sí  No

**LUGAR Y TIEMPO DEL ACCIDENTE**

32.- Entidad Federativa: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_

33.- Si no es el punto en que ocurrió el accidente: \_\_\_\_\_

34.- Fecha: \_\_\_\_\_ Día de la semana: \_\_\_\_\_

35.- Hora exacta en que ocurrió el accidente: \_\_\_\_\_

36.- Tipo de trabajo que estaba realizando: \_\_\_\_\_

Momento Vespertino

37.- Hora del día en que ocurrió el accidente: \_\_\_\_\_

38.- Hora del día en que terminó el accidente: \_\_\_\_\_

39.- Accidente No.: \_\_\_\_\_  
Número progresivo del accidente que corresponda durante el año en la empresa

40.- Agente: Calderas y recipientes a presión A  Herramientas B  Transmisiones mecánicas de fuerza C   
 Superficies de trabajo D  Vehículos E  Equipo eléctrico F  Sustancias químicas G   
 Animales H  Misceláneas I  Otros J  \_\_\_\_\_  
Mencione cuáles

41.- Causa del accidente: Explosión y/o incendio A  Contacto con corriente eléctrica B  Caída del trabajador C   
 Por caída de objetos D  Daño por animales E  Golpe contra y por objeto F  Atropello por vehículos G   
 Choque de vehículos H  Contacto, inhalación o ingestión con sustancias químicas, tóxicas y/o corrosivas I   
 Desprendimiento de partículas J  Otros K  \_\_\_\_\_  
Mencione cuáles

42.- Acto inseguro: No usar equipo de protección A  Operar sin autorización, no prevenir o asegurar B  Hacer inoperantes los dispositivos de seguridad C  Reparar equipo vivo o en movimiento D  Uso indebido del equipo E  Adoptar posiciones o actitudes inseguras F  Operar a velocidad inadecuada G  Manejo inadecuado de materiales H  Ninguno I  Otros J  \_\_\_\_\_  
Mencione cuáles

43.- Condición insegura: Ausencia de avisos preventivos A  Derrame de productos B  Materiales dispersos C  Agente en malas condiciones e inapropiadas D  Dispositivos de seguridad inapropiados E  Iluminación y/o ventilación inapropiada  
 Condiciones mecánicas o físicas inseguras G  Ropa o accesorios inapropiados H  Ninguna I  Otras J  \_\_\_\_\_  
Mencione cuáles

44.- Factor personal de inseguridad: Actitud inapropiada A  Falta de conocimientos B  Defectos orgánicos o psíquicos C  Otros D  \_\_\_\_\_  
Mencione cuáles

45.- Factor preponderante del accidente: Agente, lugar o equipo A  Ambiental, condición o clima B  Personal: No puede C  No sabe D  No quiere E  Distracción F  Retozos G

46.- Si el accidentado se encontraba en estado anormal, mencione cuál: \_\_\_\_\_

47.- ¿El accidentado estaba usando el equipo de protección adecuado contra accidentes? Enfermo, Ebrio, Drogado, etc. \_\_\_\_\_   
Si, No, Completo, Incompleto

48.- Especificar la forma en que ocurrió: \_\_\_\_\_

DATOS GENERALES

49.- ¿Quién proporcionó los primeros auxilios al accidentado? \_\_\_\_\_

50.- ¿Hay médico en la empresa? Si  No

51.- Fueron testigos del accidente: \_\_\_\_\_ 52.- Que tienen los puestos de \_\_\_\_\_

53.- Lugar al que se le envió: \_\_\_\_\_

54.- ¿Qué medidas se han dictado para evitar futuros accidentes? \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

LUGAR Y FECHA DE LA ENTREGA DE ESTOS DATOS

NOMBRE Y FIRMA DE LA PERSONA AUTORIZADA PARA ADMINISTRAR LOS DATOS

LOS MIEMBROS DE LA COMISION MIXTA DE SEGURIDAD E HIGIENE

REPRESENTANTES PATRONALES

REPRESENTANTES DE LOS TRABAJADORES

el cual incluye los factores del accidente,

Resultados de investigaciones realizadas señalan que son dos los factores esenciales en todo caso de lesión: un cierto grado de riesgo y al mismo tiempo una conducta defectuosa por parte de alguien. Si se eliminara el factor riesgo no habría daño, lo mismo si el comportamiento fuera perfecto, como no es posible hacer ninguna de las dos cosas, se tiene que el máximo de eliminación de riesgos puede ser alcanzado sólo haciendo todo lo posible por minimizar el riesgo y, al mismo tiempo cuidar que la conducta del trabajador sea tan acertada como se pueda.

La CAUSA inmediata de todo accidente, es la condición insegura o el acto inseguro que precede inmediatamente al accidente o ambos.

Las lesiones son el resultado de accidentes, por lo que se debe buscar la eliminación de éstos, más que la mera prevención de daños.

Una forma de eliminarlos es, eliminando los actos y condiciones inseguras por lo que es conveniente tener en cuenta, el siguiente procedimiento o programa que busca la eliminación de los mismos.

## II.2 PROGRAMA PARA ELIMINAR ACTOS INSEGUROS.

El 96% de las lesiones mayores y medianas son causadas por actos inseguros.

Los actos inseguros para su estudio se clasifican respecto a las personas como sigue:

- Equipo de Protección Personal.
- Posiciones de la Persona.
- Acciones del Personal.
- Herramienta.



- Equipo
- Procedimientos
- Métodos

Como las lesiones son el resultado de accidentes y éstos son el resultado de condiciones y actos inseguros, si se eliminan los actos inseguros, se eliminarán las lesiones.

Antes de poder eliminar los actos inseguros, se les debe observar y posteriormente ejercer una acción para eliminarlos.

La actuación en seguridad de cada persona se MIDE OBSERVANDO, por eso cuando observa los actos inseguros del personal de su área de responsabilidad, mide la actuación en seguridad de los empleados a su cargo y de usted mismo.

El fin de observar los actos inseguros de los trabajadores es el de DETENERLOS, para esto se debe ser un observador hábil y las técnicas que utiliza éste, se estudiarán en seguida.

Una de las técnicas utilizadas por un observador hábil, es el llamado "Ciclo de Observación" para descubrir actos inseguros. Los pasos del Ciclo de Observación son:



Cada una de estas palabras, es una palabra clave, o idea, acerca de las Técnicas que usa el observador entrenado, como se muestra a continuación:

Un observador entrenado, en primer lugar DECIDE hacer una observación, después se DETIENE para poder OBSERVAR con efectividad el acto inseguro. Entonces ACTUA respecto a cualquier acción insegura observada y hace un REPORTE de su proceder.

Otra técnica utilizada por el observador entrenado es poner igual atención, conceder igual esfuerzo y darle igual importancia a la seguridad, como se les da a la calidad, estado de ánimo, costos y producción.

Los observadores entrenados utilizan una Lista de Revisión para Observaciones, para recordar los conceptos que se deben tener presentes al hacer las observaciones. Fig. 3

Siempre que se vea un acto inseguro, deberá tomar una acción que incluya:

UNA ACCION CORRECTIVA INMEDIATA para establecer y mantener una norma para su personal, ya que éstos actúan al NIVEL MINIMO de la norma establecida y mantenida por usted.

UNA ACCION PREVENTIVA PARA EVITAR REPETICIONES, que hará que mejoren sus normas, puesto que ha determinado y corregido la causa de un acto inseguro.

Se utiliza un REPORTE DE OBSERVACIONES para reportar el acto inseguro que se haya observado. Este reporte debe incluir el tipo de trabajo de la persona que lo hace y el acto inseguro observado, así como la acción tomada. Fig. 4

El mejor momento para hacer este reporte es inmediatamente después de tomar la acción correctiva.

## DETENGA ACTOS INSEGUROS

### LISTA DE REVISION PARA OBSERVACIONES

DECIDIR                      REPORTAR  
DETENER                    ACTUAR  
OBSERVAR

Los Actos Inseguros causan el 96 % de las lesiones mayores y medianas.

#### EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL

- Ojos y Cara
- Orejas
- Cabeza
- Brazos y Manos
- Piernas y Pies
- Sistema Respiratorio
- Trocan

#### POSICIONES DE LA PERSONA

- Golpearse contra — Ser golpeado por
- Atrapado entre
- Caídas
- Temperaturas Extremas
- Corriente Eléctrica
- Inhaler — Absorber — Ingerir
- Sobre Esfuerzo

#### ACCIONES DEL PERSONAL

- Ajuste del Equipo de Protección Personal
- Cambio de Posición
- Rearreglo del Trabajo
- Detener el Trabajo
- Conectar a Tierra — Colocar Cerraduras

#### HERRAMIENTA Y EQUIPO

- Adecuados para el Trabajo
- Usados Correctamente
- En Condiciones de Seguridad

#### PROCEDIMIENTOS Y METODOS

- Adecuados ( Revisados y Mejorados )
- Establecidos ( Completamente Comprendidos )
- Mantenidos

FIG. 3

**DETENGA ACTOS INSEGUROS**  
**REPORTE DE OBSERVACIONES**

Actos Inseguros Observados	Acción Tomada

Nombre \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

FIG. 4

Los actos inseguros cometidos por el personal al no usar el Equipo de Protección Personal, dan una indicación de su estado mental, por el que puede desatender u olvidar otras prácticas de seguridad.

Se puede medir la actuación en seguridad del personal observando sus actos inseguros correspondientes al uso del Equipo de Protección Personal.

Existen dos razones por las que es importante observar al personal con respecto al uso del Equipo de Protección Personal:

- La eliminación de los actos inseguros logrará eliminar lesiones.
- Al no usar el Equipo de Protección indica que va a desatender otras prácticas de seguridad.

Sólo se puede observar la gente cercana a uno. Al cambiar de lugar, podremos ver un nuevo grupo de gente.

Al observar a un grupo de gente, debe hacerse la siguiente pregunta. ¿"Está cada persona protegida contra una exposición innecesaria a cualquier riesgo"?

Cuando camina hacia un nuevo grupo de personas, deberá DETENERSE y observar, solamente a los que están en su inmediata vecindad, durante un corto tiempo (10-30 seg.)

Se DETIENE para dedicar, su completa y absoluta atención en la observación de actos inseguros del personal.

El Equipo de Protección Personal se utiliza como barrera entre la persona y un riesgo. Su principal propósito es el de eliminar las le

siones evitando cualquier exposición innecesaria al riesgo. Las diversas clases de Equipo de Protección Personal, pueden agruparse según las partes particulares del cuerpo, que van a protegerse. Las siete partes en que se divide para protegerlo, son:

Ojos y Cara	Piernas y Pies
Brazos y Manos	Tronco
Sistema Respiratorio	Cabeza
Orejas	

El Equipo de Protección Personal utilizado para cada parte del cuerpo se muestra en la fig. 5

Usted debe observar a cada persona para ver si está usando el Equipo de Protección Personal, necesario para protegerla de una exposición innecesaria al riesgo del trabajo.

Ojos y Cara.-	Lentes de Seguridad, goggles contra salpicaduras, goggles contra impactos, pantallas de protección facial, careta de soldador.
Orejas.-	Tapones y orejeras.
Cabeza.-	Casco de Seguridad, red para el pelo, cachucha de tela autoextinguible, cachucha de cuero, capucha contra ácidos.
Brazos y manos.-	Guantes (piel, asbesto, neopreno, malla metálica), guanteletes, mangas.
Piernas y pies.-	Zapatos de seguridad, botas de neopreno, espinilleras, suecos.
Tronco.-	Delantales, chalecos, capas, hombreras, arneses y cinturones de seguridad, delantal contragolpes.
Sistema Respiratorio.-	Filtros mecánicos, respiradores con cartucho químico, máscaras autónomas.

FIG 5

Algunos riesgos no pueden eliminarse, por lo que con la acción adecuada, con ciertos riesgos solamente, el Equipo de Protección Personal especial puede evitar la exposición innecesaria.

Los Actos Inseguros que implican Equipo de Protección Personal y Posiciones del Personal, se llaman actos del tipo momentáneo porque se tiene solamente 10 ó 30 segundos para observarlos, ya que la persona que lo está ejecutando, le basta sólo un poco de tiempo para corregirlo.

Un observador entrenado se fija en las posiciones que adopta su personal respecto a actos inseguros que pueden ser causa de lesiones, si ocurriera algo inesperado. Al conocer las causas de lesiones, se estará en posibilidad de evaluar las posiciones y actividades del personal.

Las causas de lesiones que el observador entrenado utiliza para evaluar las posiciones y actividades del personal son:

Golpearse contra o ser golpeado por objetos.

Ser atrapado en, sobre o entre objetos.

Caer al mismo nivel.

Caer a diferente nivel.

Contacto con temperaturas extremas o corriente eléctrica.

Inhalar, absorber a través de la piel o Ingerir sustancias tóxicas.

Sobreesfuerzos al levantar, jalar, empujar o alcanzar.

Como ya se dijo, las "Causas de Lesiones", se usarán para evaluar las posiciones y actividades del personal, con objeto de prever y corregir situaciones que podrían ocasionar lesiones si ocurriese algo inesperado.

vador entrenado, deberá investigar inmediatamente posibles actos inseguros, y reportar lo que haya observado así como las acciones que haya tomado.

Una buena técnica para ganarse la buena voluntad y cooperación del empleado, cuando observa un acto inseguro, es el de preguntarse usted y preguntarle a él, las dos preguntas que forman parte de la Actitud Interrogativa.

Así llegarán a un acuerdo sobre un método más seguro de hacer un trabajo, y habrá mejorado sus normas de actuación, al tomar una acción para evitar repeticiones del acto inseguro.

El observador entrenado, cuando busca actos inseguros del personal hace las revisiones de la HERRAMIENTA, éstas son:

1. ¿Es la herramienta adecuada para el trabajo?
2. ¿Se está usando correctamente?
3. ¿Está la herramienta en condiciones de seguridad?

Las mismas Revisiones se utilizan para comprobar el Equipo como la Herramienta:

1. ¿Es el equipo adecuado para el trabajo?
2. ¿El equipo se está usando correctamente?
3. ¿Está el equipo en condiciones de seguridad?

Una técnica empleada por el observador entrenado para registrar las condiciones extrañas en el equipo es la llamada Técnica de "Observación Total". en ésta procede como sigue:

Ve hacia arriba, abajo, atrás y dentro del equipo. (AAAD).



Algunos riesgos no pueden eliminarse, por lo que con la acción adecuada, con ciertos riesgos solamente, el Equipo de Protección Personal especial puede evitar la exposición innecesaria.

Los Actos Inseguros que implican Equipo de Protección Personal y Posiciones del Personal, se llaman actos del tipo momentáneo porque se tiene solamente 10 ó 30 segundos para observarlos, ya que la persona que lo está ejecutando, le basta sólo un poco de tiempo para corregirlo.

Un observador entrenado se fija en las posiciones que adopta su personal respecto a actos inseguros que pueden ser causa de lesiones, si ocurriera algo inesperado. Al conocer las causas de lesiones, se estará en posibilidad de evaluar las posiciones y actividades del personal.

Las causas de lesiones que el observador entrenado utiliza para evaluar las posiciones y actividades del personal son:

Golpearse contra o ser golpeado por objetos.

Ser atrapado en, sobre o entre objetos.

Caer al mismo nivel.

Caer a diferente nivel.

Contacto con temperaturas extremas o corriente eléctrica.

Inhalar, absorber a través de la piel o Ingerir sustancias tóxicas.

Sobreesfuerzos al levantar, jalar, empujar o alcanzar.

Como ya se dijo, las "Causas de Lesiones", se usarán para evaluar las posiciones y actividades del personal, con objeto de prever y corregir situaciones que podrían ocasionar lesiones si ocurriese algo inesperado.

Una lesión inesperada puede ocurrir cuando la persona se encuentra prácticamente en cualquier posición.

Aunque algunas acciones son por sí mismas seguras, pueden ocasionar lesiones en caso de que ocurra algo inesperado. Por esta razón, se deberá adoptar continuamente una Actitud Interrogativa al estar observando, para descubrir actos inseguros.

Para adoptar esa Actitud Interrogativa y poder hacer sus observaciones sobre el personal se preguntará:

"¿Qué lesión podría suceder si ocurre algo inesperado?"

"¿Cómo puede hacerse este trabajo de modo más seguro?"

Cuando una persona está ejecutando un acto inseguro momentáneo, le basta sólo un poco de tiempo para corregirlo. Al convertirse en un Observador mejor entrenado y continuar insistiendo en mantener sus normas de actuación, el personal de su área de responsabilidad, reaccionará cuando usted se presente. Deberá estar alerta a estas reacciones, porque son pistas de posibles actos inseguros que pueden ocasionar lesiones.

Algunas de las reacciones a su presencia, para las que debe estar alerta como observador entrenado, son:

Parar o dejar el trabajo.

Colocar tierras o cerraduras.

Rearreglar el trabajo.

Repentino cambio de posición.

Ajustar o agregar equipo de protección personal.

Siempre que advierta una reacción a su presencia, como obseru

Escucha si hay vibraciones o ruidos extraños.

Huele los olores extraños.

Siente las temperaturas y las vibraciones anormales.

Una condición insegura es el resultado del acto inseguro de alguna persona. Por esto, la acción que se toma al observar una condición insegura, es la misma que para un acto inseguro.

Para que sea efectiva, la acción que usted tome para evitar repeticiones de actos inseguros, ésta debe referirse a la persona que hizo el acto inseguro.

Una de las responsabilidades de los miembros de la supervisión, es que las Prácticas Normales sean adecuadas para el trabajo, que se establezca un entendimiento de esas Prácticas Normales y que se mantengan.

Las Prácticas Normales se mantienen a nivel aceptable al insistir en que se sigan éstas.

Las Prácticas Normales son establecidas cuando son comprendidas.

Las Prácticas Normales y los Procedimientos describen el camino más fácil de efectuar un trabajo. Además traen una lista de lo que es necesario proteger contra los riesgos que pudieran presentarse si ocurriera algo inesperado. Ejemplo:

Manejo de Materiales Peligrosos

No fumar

Conectar a tierra

Plataforma y Escaleras

Poner Guardas

Entrada a Tanques

Cerraduras de Seguridad

Calzar (ruedas)

Cercar Areas

Incendios y Quemaduras

vador entrenado, deberá investigar inmediatamente posibles actos inseguros, y reportar lo que haya observado así como las acciones que haya tomado.

Una buena técnica para ganarse la buena voluntad y cooperación del empleado, cuando observa un acto inseguro, es el de preguntarse usted y preguntarle a él, las dos preguntas que forman parte de la Actitud Interrogativa.

Así llegarán a un acuerdo sobre un método más seguro de hacer un trabajo, y habrá mejorado sus normas de actuación, al tomar una acción para evitar repeticiones del acto inseguro.

El observador entrenado, cuando busca actos inseguros del personal hace las revisiones de la HERRAMIENTA, éstas son:

1. ¿Es la herramienta adecuada para el trabajo?
2. ¿Se está usando correctamente?
3. ¿Está la herramienta en condiciones de seguridad?

Las mismas Revisiones se utilizan para comprobar el Equipo como la Herramienta:

1. ¿Es el equipo adecuado para el trabajo?
2. ¿El equipo se está usando correctamente?
3. ¿Está el equipo en condiciones de seguridad?

Una técnica empleada por el observador entrenado para registrar las condiciones extrañas en el equipo es la llamada Técnica de "Observación Total". en ésta procede como sigue:

Ve hacia arriba, abajo, atrás y dentro del equipo. (AAAD).

Escucha si hay vibraciones o ruidos extraños.

Huele los olores extraños.

Siente las temperaturas y las vibraciones anormales.

Una condición insegura es el resultado del acto inseguro de alguna persona. Por esto, la acción que se toma al observar una condición insegura, es la misma que para un acto inseguro.

Para que sea efectiva, la acción que usted tome para evitar repeticiones de actos inseguros, ésta debe referirse a la persona que hizo el acto inseguro.

Una de las responsabilidades de los miembros de la supervisión, es que las Prácticas Normales sean adecuadas para el trabajo, que se establezca un entendimiento de esas Prácticas Normales y que se mantengan.

Las Prácticas Normales se mantienen a nivel aceptable al insistir en que se sigan éstas.

Las Prácticas Normales son establecidas cuando son comprendidas.

Las Prácticas Normales y los Procedimientos describen el camino más fácil de efectuar un trabajo. Además traen una lista de lo que es necesario proteger contra los riesgos que pudieran presentarse si ocurriera algo inesperado. Ejemplo:

Manejo de Materiales Peligrosos

No fumar

Conectar a tierra

Plataforma y Escaleras

Poner Guardas

Entrada a Tanques

Cerraduras de Seguridad

Calzar (ruedas)

Cercar Areas

Incendios y Quemaduras

Se debe efectuar un Análisis de Seguridad del Trabajo para encontrar la Práctica Normal que sea adecuada para el trabajo actual.

Al revisar las Prácticas Normales, se usará la Actitud Interrogativa para determinar si éstas son adecuadas para el trabajo actual.

El segundo paso en el Análisis de Seguridad del Trabajo es establecer la Práctica Normal, instruyendo al personal para que comprenda ésta.

El tercer paso en el Análisis de Seguridad, es estar seguro de que las prácticas Normales se están manteniendo, para lograrlo se debe insistir con el personal a que  siga las Prácticas Normales.

Al efectuar un Análisis de Seguridad del Trabajo uno debe preguntarse:

"La Práctica Normal ¿es la adecuada al trabajo?"

"La Práctica Normal ¿está establecida?"

"La Práctica Normal ¿está mantenida?"

Los Métodos son una ADVERTENCIA PUBLICA de las normas aceptadas.

La efectividad de los Métodos Normales o Normas se mide usando las siguientes Revisiones:

¿Son las normas adecuadas para el trabajo?

¿Están las normas establecidas?

¿Están siendo las normas mantenidas?

Lo que fue adecuado en el pasado podrá no serlo en el futuro,

por lo que un buen supervisor continuamente está aplicando las Técnicas aprendidas y a menudo revisa y mejora sus normas, para asegurarse que son las adecuadas para el trabajo actual. Además se asegura que sus normas queden establecidas y mantenidas.

Como ya hemos visto los accidentes son causados por condiciones y actos inseguros, y a su vez pueden ser causa de lesiones, por eso si se eliminaran las condiciones y actos inseguros se eliminarían los accidentes y en consecuencia las lesiones. Para eso es necesario tener presente los siguientes principios de seguridad:

#### PRINCIPIOS BASICOS DE SEGURIDAD

TODOS los accidentes pueden evitarse.

Cada uno de los empleados tiene la responsabilidad de trabajar con seguridad.

"¿Qué debo hacer para evitarme un daño y evitarlo a los demás?"

Además al trabajar debe seguir el siguiente plan de seguridad.

#### PLAN DE SEGURIDAD

Tenga presente  
(Previo al trabajo)

1. Conocer el panorama en conjunto.
2. Estar preparado para lo inesperado.
3. Hacer saber a otros lo que usted está haciendo.

Proceda  
(Durante el trabajo)

4. Observando las reglas y procedimientos de seguridad.
5. Estando alerta a los cambios o condiciones extrañas.

Termine  
(Al final del trabajo)

6. Dejando su trabajo en condiciones de seguridad.

### II.3 EVALUACION DE LA SEGURIDAD

El encargado de seguridad debe vigilar continuamente la efectividad del programa de seguridad industrial y la calidad de la labor preventiva, esto le proporcionará información acerca de los principales lugares que más contribuyen a los altos índices de lesiones, y atacarlos.

Se pueden utilizar varios tipos de registros, o estadísticas de accidentes, como por ejemplo; tiempo laborado sin accidentes, tiempo laborado sin accidentes de gravedad, etc., las más usuales se verán más adelante.

Las estadísticas y registros de accidentes son tan necesarios en la seguridad industrial, como los registros que se llevan en producción, costos y ventas para el éxito en los negocios.

Estos registros o índices de lesiones se emplean con el fin de:

1. Determinar las fuentes principales de accidentes.
2. Localizar actos y condiciones inseguras.
3. Evaluar la efectividad de los programas de seguridad.
4. Mantener el interés en la prevención de los accidentes.
5. Usarlos en la reunión de seguridad para adoptar medidas preventivas.



6. Ayudar a determinar las necesidades de adiestramiento.
7. Informar a la alta dirección de lo que se hace en materia de seguridad.
8. Como base para la organización de concursos de seguridad.
9. Para comparar las condiciones actuales con las anteriores y para comparar los riesgos entre instalaciones y/u operaciones similares.

#### PARAMETROS COMPARATIVOS.

Las comparaciones entre una instalación fabril y otras, entre departamentos, o entre operaciones que presenten riesgos similares, son posibles sólo si cada una de ellas emplea la misma medida. Los parámetros utilizados para este fin son:

#### INDICE DE FRECUENCIA.

Este responde a la pregunta: "¿Qué tan a menudo ocurren?", y se le define como el número de lesiones con incapacidad por 1,000,000 de horas entre el total de horas hombre trabajadas. Esto puede expresarse con la siguiente expresión:

$$\text{INDICE DE FRECUENCIA} = \frac{\text{Número de lesiones con incapacidad} \times 1,000,000}{\text{Número de horas-hombre trabajadas}}$$

#### INDICE DE GRAVEDAD.

Este responde a la pregunta: "¿Cuán graves son los daños?", y se le define como el total de días perdidos multiplicado por 1,000,000 de horas hombre trabajadas entre el total de horas-hombre trabajadas en un determinado tiempo. Esto puede expresarse como sigue:

$$\text{INDICE DE GRAVEDAD} = \frac{\text{Total de días perdidos y cargados} \times 1,000,000}{\text{Número de horas-hombre trabajadas}}$$

o también

$$\text{INDICE DE GRAVEDAD} = \frac{\text{Total de días perdidos y cargados} \times 1000}{\text{Número de horas-hombre trabajadas}}$$

que es el índice que utiliza el IMSS.

En términos generales, estos índices contestan la pregunta: "¿Es necesario un esfuerzo adicional para evitar accidentes?". Se entiende que las mismas no indican en forma definida lo que hay que hacer.

#### INDICE DE PELIGROSIDAD.

Este da una idea del riesgo que implican las operaciones o actividades en una industria, y se le define como el total de accidentes totales por 1,000,000 de horas-hombre trabajadas entre el total de horas-hombre trabajadas en un determinado tiempo. Esto puede expresarse como:

$$\text{INDICE DE PELIGROSIDAD} = \frac{\text{Número de accidentes totales} \times 1,000,000}{\text{Número de horas-hombre trabajadas}}$$

El índice de gravedad debe utilizarse con discreción, ya que sólo en determinadas condiciones se usará como calibrador satisfactorio de la gravedad de lesiones, preferiblemente 1,000 ó más. Este da el tiempo verdaderamente perdido (días) por millón de horas-hombre trabajadas. Una amplia reducción en el índice de gravedad apunta una reducción en muertes y lesiones graves.

Si el índice de gravedad aumenta aún cuando el índice de fre-

cuencia descendiera, esto podría ser señal de una necesidad definitiva de una labor de ingeniería más intensa, a efecto de hacer desaparecer situaciones riesgosas.

La lesión con incapacidad es la sufrida en un accidente de trabajo y que produce muerte, incapacidad total permanente (un impedimento corporal permanente), incapacidad parcial permanente o incapacidad total temporal, en otras palabras, es aquella que incapacita a la persona lesionada. durante uno o más días posteriores al del accidente, para ejecutar su trabajo normal. Todas las demás lesiones personales de trabajo se denominan lesiones sin incapacidad.

#### INCAPACIDAD TOTAL PERMANENTE

A toda incapacidad total permanente se le asigna un cargo de tiempo de 6000 días, debido a que la vida útil industrial del asegurado ha llegado a su fin.

#### INCAPACIDAD PARCIAL PERMANENTE

Es cuando alguna parte del cuerpo del trabajador ha perdido sus funciones, o ha quedado dañada permanentemente.

Cuando hay una incapacidad permanente, la amputación de un dedo o la pérdida de un ojo, etc., la pérdida real de tiempo mientras la lesión está sanando no es una medida adecuada de su gravedad, por lo que en U.S.A. se ha establecido por la A.S.A. (AMERICAN STANDARDS ASSOCIATION- ASOCIACION AMERICANA DE NORMAS) un cargo de tiempo perdido correspondiente a todas las incapacidades permanentes.

A las muertes resultantes de lesiones del trabajo deberá asignárseles un cargo de tiempo de 6000 días a cada una.

#### INCAPACIDAD TOTAL TEMPORAL

Es cuando el trabajador queda totalmente incapacitado para el trabajo durante un periodo limitado de tiempo. En este caso no se utilizan cargos de tiempo; en lugar de ello se emplean los días realmente perdidos.

#### TIEMPO DE EXPOSICION

Es el TOTAL DE HORAS-HOMBRE que trabajan todos los empleados, tanto hombres como mujeres en un lapso de tiempo.

#### LA CIFRA 1,000,000.00

Esta es aceptada como norma y es empleada por razones de facilidad. Equivale a 500 personas que trabajen durante un año.

#### DIAS PERDIDOS

Es la suma de todos los días perdidos debido a lesiones, excepto las que hayan sido causa de incapacidad permanente.

#### DIAS CARGADOS

Son los días que se cargan por muerte, incapacidad total permanente o incapacidad parcial permanente, y se toman de la "TABLA DE CARGOS DE TIEMPO" de la A.S.A.

Cuando ocurre alguna incapacidad permanente no se utilizan los días perdidos reales.

Otros medios de valorar lo que se hace en materia de seguri-

dad es estimando factores tales como mantenimiento de la fábrica, protección de maquinaria, alumbrado, ventilación, métodos de operación, equipos de seguridad, disposiciones para comodidad del trabajador, programas de adiestramiento en materia de seguridad industrial, supervisión y la actitud de la alta dirección, pero no se puede depender del análisis de estos factores, si no se está respaldado de los índices de frecuencia y de gravedad.

Siempre que ocurra un accidente, aún cuando no haya habido lesión, es de gran importancia investigarlo cuidadosamente y los resultados analizarse para que sirvan de guía a efecto de evitar que vuelva a ocurrir, ya que a menudo se comete el error de hacer caso omiso de los accidentes que no han causado lesión, o que fueron causa de lesión sin incapacidad. Estos accidentes no sólo son costosos, sino que también indican que "algo anda mal", y si no se identifican y eliminan sus causas específicas, se producirán finalmente accidentes y lesiones más graves. Además el hecho de que todo accidente cualquiera que sea su tipo, en cualquier tiempo, lleva consigo un potencial de daño, es algo que no debería ser pasado por alto. También es importante mencionar que este tipo de accidentes "los casi accidentes" representan 9 veces más el costo de los accidentes "reales".

#### II.4 COSTOS DE ACCIDENTES

Un sistema de control del costo de los accidentes es útil y necesario, ya que demuestra cuánto cuestan los mismos. Los estudios de costos se realizan con esta finalidad, y se recomiendan como un procedimiento de rutina a seguir para estimular el esfuerzo en pro de la seguridad, así como para establecer, determinar, y mantener un programa de seguridad industrial. La supervisión también deberá tener interés por el control del costo de los accidentes, ya que constituye un factor de importancia de los costos de producción.

## COSTO PARA LAS VICTIMAS DE ACCIDENTES

Representa la pérdida de salario durante el tiempo que dure su incapacidad, más no sólo representa costo en dinero, si se considera la terrible e ineludible secuela de sufrimientos, problemas y privaciones causadas por el accidente.

## COSTO PARA LOS PATRONES

Representa el desembolso por pago de primas por concepto de seguros, más el costo no asegurado.

## COSTO PARA LA SOCIEDAD

Los accidentes de trabajo significan también una carga para la sociedad. Muchas víctimas de accidentes reciben independientemente de la indemnización, ayuda adicional de organizaciones hospitalarias, sociedades de beneficencia y otras formas de auxilio. Además los patronos incluyen sus costos de accidentes en los precios de venta de sus productos, por lo que aumenta el precio de casi todas las cosas.

Los accidentes de trabajo generalmente tienen dos tipos de costos: costos directos y costos indirectos.

Se ha encontrado que los costos indirectos (ocultos o intangibles) se encuentran en proporción de 4 : 1 de los costos directos (médicos y por indemnización). Esto es que por cada peso de costo directo, el indirecto es de 4 pesos. En la fig. 6 se muestra la clasificación de costos directos e indirectos.

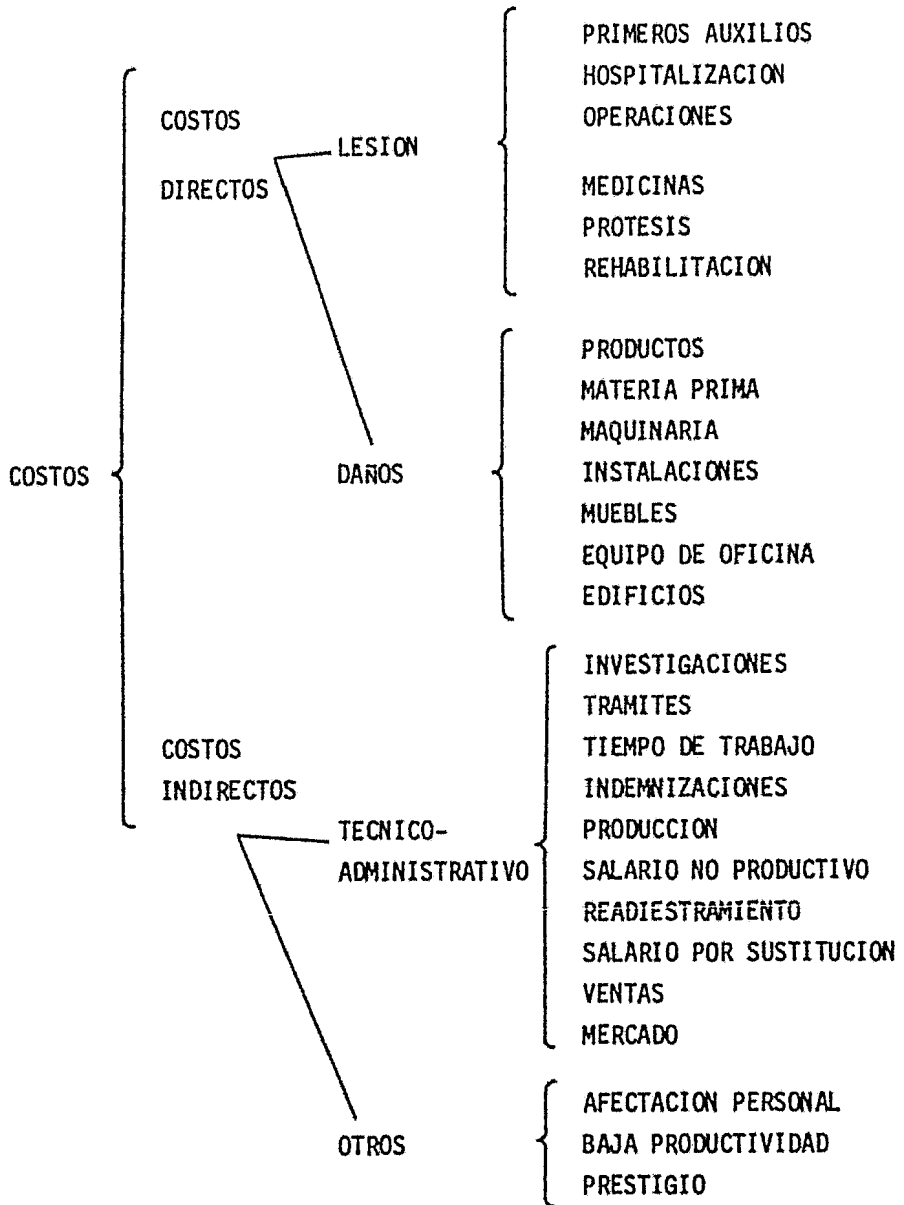


FIG. 6 CLASIFICACION DE COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

El concepto de costos directos e indirectos es más comunmente conocido como concepto de costos asegurados y costos no asegurados, debido a que así se tiene una descripción más definida de los costos, y hace que la gerencia vea con interés los costos no asegurados. Así prestará más atención a las pérdidas por concepto de accidentes de los que no hayan estado asegurados. El cambio de terminología no afecta el contenido de lo que constituyen los costos directos y costos indirectos.

#### DISMINUCION DE TODOS LOS COSTOS DE ACCIDENTES

La forma más segura para disminuir todos los costos por accidentes que gravan a patronos y trabajadores, es reducir el número de accidentes por medio de un eficiente programa de prevención de los mismos.

#### II.5 PROGRAMA PARA PREVENCION DE ACCIDENTES

La prevención de accidentes en el medio laboral requiere de la actuación conjunta de muchos factores técnicos, mediante esta acción, se crean las normas de seguridad e higiene que preven la posibilidad de un accidente.

Las autoridades laborales encargadas de la higiene, seguridad y prevención, están obligadas a vigilar que existan las normas adecuadas de seguridad, condiciones que sólo serán logradas mediante el estudio, experiencias, prácticas en el riesgo mismo, con las cuales se crearán las debidas condiciones reales preventivas, que rendirán óptimos resultados cuando el trabajador tenga clara conciencia de que la prevención del accidente depende en gran medida de él. Es por eso que se debe fomentar el interés y educar a los trabajadores en el aspecto de la seguridad y ganar su colaboración activa en el esfuerzo para la eliminación de accidentes.



La ORGANIZACION DE SEGURIDAD es un procedimiento que la dirección emplea para asignar responsabilidades en lo referente a prevención de accidentes y para asegurarse de la actuación al observar tal responsabilidad.

En toda organización se crean primero, las líneas de autoridad, y segundo, los medios para alcanzar el objetivo prefijado. De lo anterior se observa que no es posible lograr una disminución de los accidentes a menos que se cuente con una organización, la cual no servirá de nada si no se cuenta con el completo apoyo e interés de la "alta dirección".

La finalidad de la organización de seguridad en cualquier actividad, es ayudar a la dirección a que establezca y mantenga en vigor un programa destinado a proteger a los empleados y a aumentar la producción mediante la prevención y el control de accidentes que afectan a cualquiera de los elementos de la producción: mano de obra, materiales, maquinaria, herramientas, equipo y tiempo.

Un PROGRAMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL es un programa definido y bien planeado que se utiliza para llevar a cabo una actuación amplia y sostenida en lo que se refiere a la prevención de accidentes, en la que se involucran las actividades laborales de todo un personal.

El objetivo de todo programa de seguridad industrial es "Crear en todo el personal y en los distintos niveles de la empresa, un pleno espíritu de seguridad".

Tanto el programa de seguridad como las actividades inherentes al mismo, tienen la finalidad de:

- a) Reducir el factor riesgo
- b) Crear en todos y cada uno de los trabajadores un comportamiento seguro y adecuado.

Se observa que se ataca por separado estos dos aspectos: factor riesgo y factor humano, ya que en todo accidente existe siempre un cierto grado de riesgo (posibilidad de daño) y una conducta insegura o errónea, por lo que no puede decirse que una labor determinada pueda estar libre de todo riesgo, ni tampoco que toda la gente proceda con absoluto acierto. Por tanto una actuación de primera en materia de prevención de accidentes (llegar al máximo en la eliminación de daños) sólo puede tener lugar disminuyendo al mínimo el factor riesgo y desarrollando a un máximo de eficiencia la conducta de los trabajadores.

Los elementos básicos indispensables en la prevención de accidentes a considerar en un programa de seguridad industrial son:

1. Participación activa de la dirección
2. Asignación de responsabilidades
3. Educación-Adiestramiento en seguridad
4. Condiciones seguras de trabajo
5. Investigación, estadísticas y registros de accidentes
6. Servicios médicos
7. Los trabajadores deben aceptar su responsabilidad

#### 1. Participación activa de la dirección.-

El primer paso y el más importante en seguridad, es que la dirección de la empresa tome parte activa en el desarrollo y cumplimiento del programa de seguridad, esto sólo será obtenido cuando esté plenamente convencida de la necesidad de poner en marcha un buen programa que le evite a la empresa las cuantiosas pérdidas que causan los accidentes, tales como: disminución de la cantidad y calidad de la producción; elevación de los costos; daños al personal, a la maquinaria, a los equipos; desperdicio de material, etc.

Para dar comienzo al programa, la dirección debe formular una declaración concreta de su política para que sirva de orientación a funcionarios, supervisores y empleados. Esta declaración de la política a seguir, debe indicar el punto de vista de la dirección en todo lo tocante a los principios sobre seguridad.

La responsabilidad de la dirección no termina en la autorización del programa de seguridad y ponerlo en marcha, sino que también debe aceptar la responsabilidad total del mismo y mantener vivo el interés en:

1. Revisión de los registros y estadísticas de seguridad.
2. Asistir a las reuniones periódicas de seguridad.
3. Dictar las medidas pertinentes para el mejor desarrollo del programa.
4. Dirigir al personal de la empresa cartas, circulares, boletines, etc., comentando las actividades de seguridad y los registros de accidentes.
5. Dar buen ejemplo observando las normas de seguridad vigentes en la empresa.

## 2. Asignación de responsabilidades,

Al igual que cualquier otra fase de la empresa, los departamentos de seguridad tienen que contar con dirección y orientación. El buen control de todas las cosas exige que se asigne a alguien la responsabilidad y la autoridad. Las responsabilidades en materia de seguridad deben asignarse y aceptarse como se muestra en la fig. 7

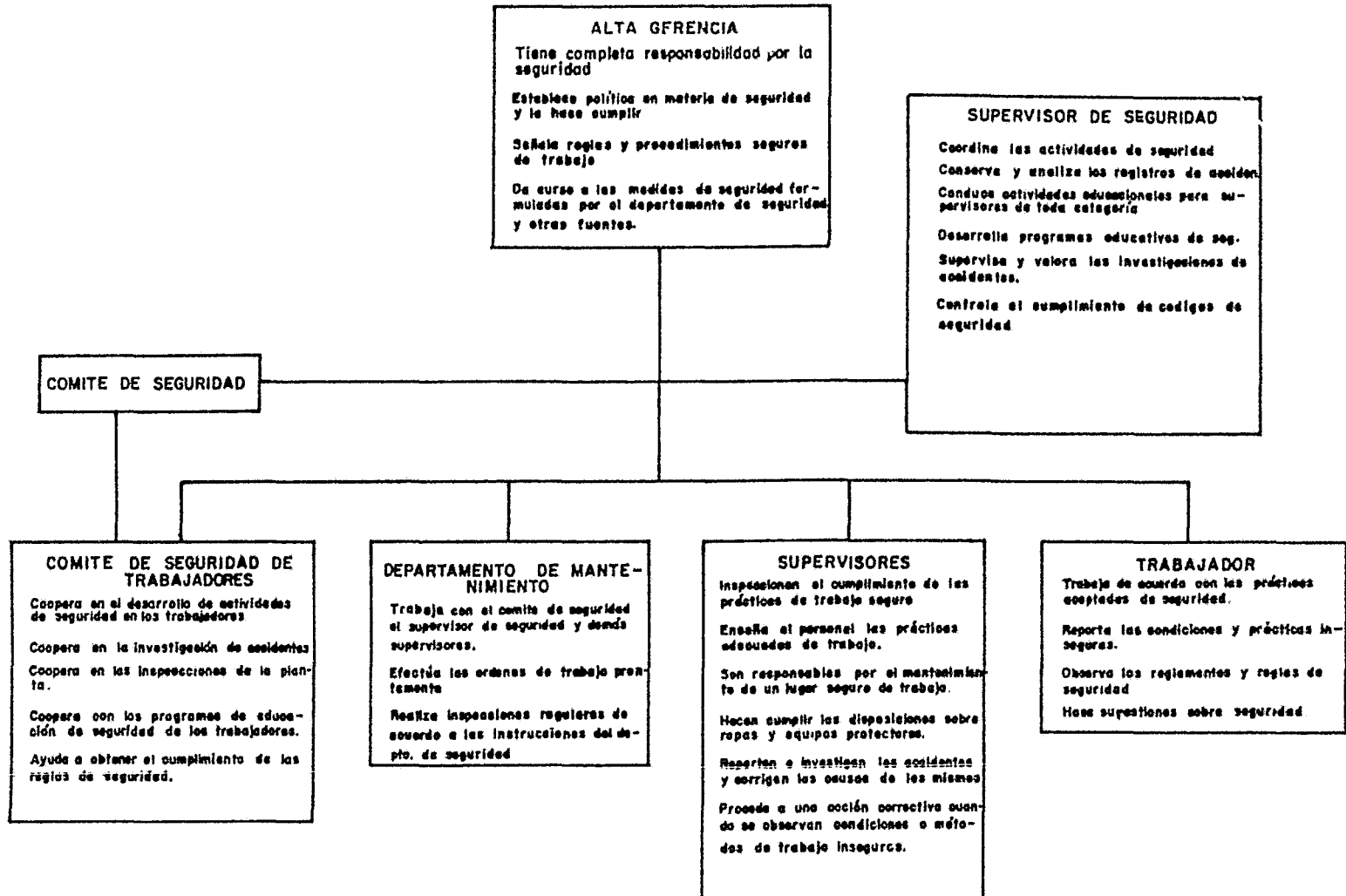


FIG. 7

Encuestas realizadas en diferentes industrias demostraron que es sumamente importante que el coordinador, encargado o director de seguridad esté investido de autoridad para "poder hacer las cosas" y que, además, informe directamente a un alto funcionario. Tan importante como esto, es que cuente con personal capacitado que le auxilie en el desempeño de sus labores.

No sólo en la producción el SUPERVISOR es el HOMBRE CLAVE, sino que también lo es en cualquier PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES, por lo que debe estar totalmente compenetrado del programa de seguridad y contar con el apoyo y asesoría del director de seguridad. Aunque la buena marcha del programa de seguridad industrial exige el esfuerzo sumado de la dirección, la supervisión y el trabajador, lo que determina el éxito del programa de seguridad es el grado en que el SUPERVISOR aplique a los DESIGNIOS DEL PROGRAMA los PRINCIPIOS de SEGURIDAD.

Debido a esto se le debe despertar o crear interés por la seguridad; un método o técnica muy eficaz, es identificar la seguridad con la eficiencia y la producción, haciendo que considere "a la seguridad de igual valor que a la producción, estado de ánimo, calidad y cantidad". La técnica tiene sus bases en la definición de PRODUCTIVIDAD, la cual se define como la producción obtenida por el número de horas-hombre laboradas en un cierto periodo. Esto se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{Producción}}{\text{Número de horas-hombre trabajadas}}$$

Donde la productividad se encuentra en función de:

1. Producción
2. Costos
3. Calidad

4. Estado de ánimo
5. Seguridad

Debido a la posición clave ocupada por el supervisor dentro de la organización, como mediador para el buen desempeño tanto en la producción como en materia de seguridad, es conveniente mencionar algunas otras actividades básicas realizadas por el mismo:

1. Establece el clima de las relaciones humanas al nivel departamental de la organización. Crea el "espíritu de equipo", estableciendo un ambiente de colaboración entre empleados y alta dirección.
2. Da forma a las actividades que impulsan a los empleados a tener un mejor desempeño en su trabajo.
3. Interpreta y aplica las normas de la empresa, las especificaciones y las órdenes de trabajo.
4. Adiestra a los nuevos empleados y da instrucciones a los antiguos para que trabajen con seguridad y eficiencia.
5. Asesora y disciplina a los empleados.
6. Inicia o recomienda acciones del personal, como ascensos, transferencias, aumentos de sueldo y despidos.
7. Planea y mantiene los programas de tiempo y trabajo (y presupuestos).
8. Ajusta y mejora los procedimientos de trabajo utilizando sus conocimientos acerca de las capacidades de las máquinas y de los equipos.
9. Toma las disposiciones necesarias para obtener buena calidad en los productos o servicios que están bajo su responsabilidad.
10. Coordina las actividades de su departamento de modo que se pueda satisfacer las metas económicas.
11. Colabora con otros supervisores.

La comisión de seguridad de los trabajadores es una comisión de seguridad formada por un grupo de empleados al que se ha nombrado para que ayude y aconseje a la dirección en cuestiones de seguridad del trabajador.

Es muy importante que la alta dirección esté representada en la comisión y que participe en la organización y celebración de las reuniones de la misma. La comisión de seguridad aporta el importante factor de la participación del empleado en el programa de seguridad, ligando el saber de los trabajadores, con la experiencia de los supervisores. Esta experiencia adquirida por los miembros de la comisión "estando en el trabajo" es valiosa para la determinación de los métodos de trabajo y las condiciones que son inseguras, y la su gerencia de medidas remediadoras.

La comisión de seguridad es un instrumento para que se obtenga la colaboración de toda la organización de seguridad, sus funciones básicas son reducir al máximo los accidentes proporcionando y manteniendo condiciones seguras de trabajo y creando y manteniendo un interés permanente por la seguridad, ayudando a la planeación del programa de seguridad y participando en la labor para que él mismo funcione.

Además de ésta, existen otros varios tipos de comisiones de seguridad, como por ejemplo: la comisión mixta (obrero-patronal), la comisión patronal, la comisión patronal constituida por supervisores, la comisión técnica, comisiones especiales, etc.

### 3. Educación - Adiestramiento en seguridad.-

La educación y el adiestramiento tendiente a la prevención de accidentes son necesarios, ya que la SEGURIDAD DEL HOMBRE DEPENDE DEL HOMBRE.

Es necesario distinguir entre la educación para la seguridad y adiestramiento para la seguridad:

a) Educación para la seguridad.- Se imparte con el fin de suscitar un espíritu de seguridad, una viva conciencia de la importancia

que tiene el suprimir los accidentes y una vigilante actitud para corregir circunstancias y prácticas, que podrían desembocar en un accidente.

b) Adiestramiento para la seguridad.- Es desarrollar la habilidad del trabajador en el empleo de técnicas y prácticas seguras y apropiadas de trabajo.

La educación para la seguridad aplicada a la fuerza de trabajo en general, tiene especial valor en la promoción del interés, comprensión y participación activa en las actividades específicas de la seguridad.

Como ya se ha visto, los actos y condiciones inseguras son el resultado de fallas cometidas como consecuencia de la falta de educación y adiestramiento. Por lo que todo trabajador para que desempeñe su labor con seguridad y de modo eficiente, deberá poseer una buena comprensión no sólo de la labor que desempeña, sino que también deberá conocer los riesgos que pueda hallar en su trabajo, es por eso que se le debe enseñar no sólo el modo en que tiene que hacer su labor, sino que también tiene que enseñársele a que reconozca y evite los riesgos asociados con su trabajo. Para esto, el supervisor previamente deberá hacer un análisis de todas y cada una de las labores, para determinar paso a paso el procedimiento más seguro y efectivo para llevarla a cabo; y al trabajador en el momento en que sea contratado y antes de empezar sus labores se le debe mostrar la forma segura en que deberá hacer su trabajo, con prontitud y eficiencia, exponiéndole los motivos de cada uno de los pasos, poniendo bien claro los riesgos y explicándole los medios para evitarlos.

Luego deberá ejecutar el trabajo con una supervisión próxima y deberá ser objeto de comprobaciones periódicas para cerciorarse de que ha comprendido su labor y que la ejecuta correctamente.



Una buena labor de ingeniería de seguridad puede ser en vano si no va acompañada de un adiestramiento fructífero y de la persuasión a los empleados de que utilicen procedimientos seguros.

Deberán enseñársele además los procedimientos de emergencia para que esté en posibilidad de hacer frente a situaciones críticas.

La conciencia, la percepción y la atención en materia de seguridad tiene que ser parte del adoctrinamiento del trabajador. Las principales técnicas didácticas destinadas a divulgar los conocimientos de seguridad en el trabajo, dirigidas hacia la prevención de accidentes exclusivamente son:

Adiestramiento individual y propaganda de seguridad.

#### 4. Condiciones seguras de trabajo.-

La persona encargada de la seguridad, debe tener la responsabilidad de resolver dos problemas principales:

- a) Cómo eliminar riesgos físicos.
- b) Cómo sustituir con prácticas seguras las prácticas inseguras que siguen los empleados.

En la prevención de accidentes, se debe atacar estos dos problemas por separado, debido a que en los accidentes intervienen máquinas, equipo y condiciones de trabajo que son riesgosas, o que afectan al personal que actúa de modo inseguro, o ambas cosas.

Con el fin de que una labor y el lugar de trabajo sean seguros y eficientes, debe hacerse un estudio de ingeniería, teniendo como obje-

tivo con respecto a la prevención de accidentes, la eliminación de riesgos en máquinas, equipos, materiales e instalaciones, o cuando menos minimizar el riesgo mediante guardas y como último recurso, emplear el equipo de protección personal.

Las inspecciones de seguridad constituyen un factor necesario de todo programa completo de seguridad, ya que ayudan a descubrir las causas de accidentes, determinando cuáles son las medidas necesarias que deben tomarse antes de que ocurran. Son esenciales para que se mantengan normas aceptables de seguridad, tanto por lo que respecta a instalaciones como a prácticas observadas en el trabajo.

Las inspecciones de seguridad son un medio para estudiar y apreciar los problemas de condiciones prácticas de trabajo inseguras.

Las inspecciones de seguridad cuidan de:

- DESCUBRIR . . . . . Búsqueda de las condiciones y los métodos de trabajo inseguro.
- ANALIZAR . . . . . Determinación del porqué existen métodos o condiciones inseguras.
- REMEDIAR . . . . . Eliminación de los métodos o condiciones inseguras.

A menudo las buenas inspecciones de seguridad producen métodos más seguros y también más eficaces.

La inspección de seguridad puede demostrar la sinceridad de la dirección respecto a la prevención de accidentes.

En las inspecciones de seguridad hay tres categorías funda-

mentales a examinar: las condiciones generales, los riesgos específicos y las rutinas de trabajo.

Las condiciones generales comprenderán:

Alumbrado, buen orden y cuidado del local, ventilación y otros puntos similares.

La categoría de riesgos específicos debe incluir:

Herramientas, máquinas, equipo y materiales.

La categoría de prácticas de trabajo es una apreciación de los métodos y el modo en que se les pone en ejecución.

Son muchos los detalles que quedan abarcados en un buen procedimiento de inspección de seguridad, pero los puntos de todo sistema eficaz que reclaman que se les considere y establezca plenamente y que deben producir resultados significativos son muy sencillos, éstos son:

¿Qué se debe revisar?

¿Qué tan a menudo debe revisar cada cosa, proceso o lugar?

¿Quién hará la inspección y qué procedimientos debe emplear?

¿Quién supervisará las actividades de inspección y cómo lo hará?

¿Qué informes y registros se necesitarán, y cómo se les debe manipular?

¿Qué disposiciones deben tomarse para proceder a la acción remediadora?

5. Investigación, estadísticas y registros de accidentes.

La finalidad principal de la investigación de accidentes es conseguir información que ayude a prevenir accidentes, para que cumplan con este fin, las investigaciones deben ser objetivas respecto a hechos, y libres de medidas disciplinarias. Con esta información se pueden establecer recomendaciones de medidas remediadoras, destinadas a la prevención de accidentes. Esto se logra:

- Determinando las causas . . . . . Buscando los elementos y .  
de accidentes . . . . . fuentes de los que surgió  
el accidente.
- Determinando las medi- . . . . . Analizando los factores del  
das remediadoras. . . . . accidente y haciendo reco-  
mendaciones para su elimi-  
nación.
- Creando materiales edu- . . . . . Produciendo información que  
cativos. . . . . oriente al personal para que  
se forme una "conciencia de  
seguridad" y aprenda a cono-  
cer las condiciones y méto-  
dos de trabajo seguros.

Deben investigarse todos los accidentes que hayan dado o no como resultado alguna lesión. Todos son graves en potencia.

La investigación debe hacerse tan pronto como sea posible después del accidente. Una demora de sólo unas pocas horas puede permitir que intencionalmente o sin intención, se retiren, destruyan u olviden pruebas.

Para que se facilite dar cuenta de la información que se obtenga durante la investigación, se deberá utilizar formas impresas destinadas exclusivamente a ese fin, para que ayuden al análisis ordenado de las causas de los accidentes y del modo de remediarlos. Estas formas impresas constituyen los reportes y registros de accidentes. En la fig. 2 se muestra a manera de ejemplo una forma que se utiliza para reporte de accidente.

Los registros constituyen la base para una forma científica de proceder en la prevención de accidentes, ya que proporcionan información acerca de cómo se producen muchos accidentes dónde y cómo suceden, y su gravedad y costo.

La finalidad primordial de los registros y reportes de accidentes puede dividirse en tres categorías principales:

1. Sirven de guía para la prevención de otros accidentes similares.
2. Proporcionan la información que se necesita para determinar la indemnización que corresponde a la persona lesionada.
3. Ayudan a determinar el costo de los accidentes,

y se utilizan más específicamente para:

1. Crear interés por la seguridad entre los supervisores al proporcionarles información acerca de la experiencia en accidentes ocurridos en sus departamentos.
2. Determinar las principales fuentes de accidentes, y proporcionar a los supervisores y comisiones de seguridad información acerca de cuáles son las prácticas inseguras más frecuentes.
3. Juzgar la efectividad del programa de seguridad, y proporcionar comparaciones con la experiencia de organizaciones similares.
4. Indicar las necesidades de estudios de ingeniería.

Se necesita información previa para que ayude a determinar las causas del accidente, las seis preguntas que deben hacerse como base para la investigación de accidentes son:

- ¿Quién . . . . . resultó lesionado?
- ¿Cuándo . . . . . sucedió?

- ¿Porqué . . . . . sucedió?
- ¿Cuáles . . . . . fueron los materiales, máquinas,  
equipo o condiciones implicados?
- ¿Dónde . . . . . sucedió?
- ¿Cómo . . . . . sucedió el accidente?

La información que se obtenga debe ser precisa y exacta, para que señale los índices de frecuencia y gravedad.

Esta información NO PONDRÁ UN ALTO A LOS ACCIDENTES, A MENOS QUE SE LE PONGA EN PRACTICA. La acción remediadora establecida tiene que ser puesta en vigor lo más inmediatamente posible.

#### 6. Servicios médicos.-

Los propósitos del servicio médico en una empresa son contratar personal apto para el trabajo (exámenes de admisión) y después mantener la salud física y mental de los trabajadores (exámenes periódicos) a fin de evitar accidentes debido a condiciones anormales del individuo. Los exámenes de admisión se llevan a cabo además con el fin de determinar y registrar las condiciones físicas del trabajador y asignarlo al trabajo más conveniente o apropiado para sus facultades y aptitudes, pues está comprobado que el individuo más apto, es el que presenta un menor índice de accidentalidad. Los servicios médicos incluyen también todos los servicios de primeros auxilios.

#### 7. Los trabajadores deben aceptar su responsabilidad. La seguridad es RESPONSABILIDAD DE TODAS LAS PERSONAS.-

Desde el momento de su contratación, el trabajador debe tener conocimiento de la obligación que contrae para respetar las normas de seguridad vigentes en la empresa y tomar parte activa en el programa de prevención

de accidentes, de acuerdo con su categoría y capacidad.

Todo programa fructífero de seguridad exige la colaboración, el trabajo en equipo, el interés y el entusiasmo por parte de todos los empleados, por eso debe fomentárseles el interés por la seguridad para que acepten su responsabilidad y tomen parte activa en el programa de seguridad, colaborando voluntariamente en éste.

Para este fin, debe conocerse los factores fundamentales que influyen en las acciones de las personas, éstos son:

- Temor a las lesiones corporales
- Temor a las pérdidas económicas
- Deseo de reconocimiento
- Deseo de superarse y sobresalir
- Deseo de crear una impresión favorable
- Deseo de premio o recompensa
- Deseo de un puesto dirigente

### III. SEGURIDAD EN LAS DIFERENTES AREAS DE TRABAJO

La seguridad aplicada en las diferentes áreas de trabajo, tiene como objetivo salvaguardar la vida y preservar la salud e integridad física de los trabajadores por medio del dictado de NORMAS encaminadas tanto a que se les proporcione las condiciones adecuadas para el trabajo, así como capacitarlos y adiestrarlos para que se eviten dentro de lo posible, las enfermedades y los accidentes laborales.

NORMAS GENERALES DE SEGURIDAD (Para evitar acciones peligrosas).

1. No trabajar en condiciones físicas deficientes (enfermedad, cansancio o sueño excesivos, después de ingerir o estar ingiriendo bebidas alcohólicas, etc.)
2. Antes de comenzar un trabajo, PENSAR en los peligros que encierra, y prevenirse contra ellos.
3. No manejar máquinas ni hacer ningún trabajo en los que no haya sido previamente bien instruido.
4. Poner la MAXIMA ATENCION en el trabajo que está realizando. Una distracción puede ser fatal.
5. No confiar NUNCA en una máquina o trabajo peligroso, aunque lo haya realizado infinidad de veces.
6. No hacer NUNCA alardes de valentía, ni hacer bromas en el trabajo a compañeros.
7. No atarearse con prisas en trabajos peligrosos.
8. Cumplir siempre RIGUROSAMENTE las NORMAS de seguridad, y usar las protecciones establecidas en cada caso.

#### ANALISIS DE RIESGOS

El análisis de riesgos de las labores puede proporcionar la información necesaria para eliminar causas de accidentes, para que especifique las precauciones, el equipo, las herramientas y los dispositivos o



condiciones que debe proporcionarse y/o usarse, y la base para los procedimientos seguros para la operación que son necesarios en el adiestramiento, las instrucciones para el trabajo, y una supervisión eficiente.

El análisis de riesgos de las labores, es el estudio de los procedimientos de trabajo, con el fin de determinar los riesgos mecánicos o físicos que existan o puedan existir, y los actos o acciones de las personas cuyo resultado podría ser un accidente. Utilizando la información obtenida por el análisis de riesgos pueden establecerse los procedimientos seguros de trabajo, inclusive cualesquiera de los requisitos de condiciones seguras o de equipo de seguridad.

Para su estudio, los riesgos en las labores se pueden clasificar como sigue:

- Orden y limpieza industrial.
- Manejo de materiales.
- Riesgos mecánicos.
- Riesgos en construcción.
- Ruido.
- Iluminación.
- Riesgos eléctricos.
- Riesgos de incendio.
- Riesgos químicos.
- Riesgos de transporte.
- Riesgos por radiación.
- Riesgos biológicos.

### III.1 ORDEN Y LIMPIEZA.

Cuando se habla del ORDEN se establece la idea de que se presenten una serie de hechos o de objetos de manera tal, que no haya duda sobre sus características y sus relaciones.

En el trabajo organizado, el orden eleva la productividad por que ayuda al aprovechamiento de los recursos que se tienen para producir objetos y ayuda a reducir los hechos negativos, como son los accidentes que interrumpen la secuencia establecida en las actividades.

La realización del orden es el resultado de la buena dirección y del interés basados en la voluntad y en la atención, y los resultados del orden son el AHORRO de tiempo y de ESFUERZOS, ayuda a la memoria y a la conservación de los bienes.

En el centro de trabajo, el orden se establece primeramente con el buen ejemplo, para demostrar cómo facilita todo y cómo hace trabajar menos a quién lo cultiva. El ejemplo es siempre el primer escalón para instruir y para educar.

Entre los trabajadores abundan ideas que al parecer apropiadas son destructivas aún para quienes las tienen, ideas tales como: que lo arregle otro, a mí no me cuesta, yo tengo prisa, que lo levante quién lo tiró y otras semejantes, deben ser combatidas por medio del convencimiento y de la instrucción.

La LIMPIEZA es compañera del orden, requiere de métodos para su ejecución y de medios apropiados para efectuarla con eficiencia. En toda industria los desperdicios significan algún valor por pequeño que sea y siempre requieren que se invierta en ellos, trabajo y tiempo.

Un calendario de limpieza y la vigilancia del orden para el mejor aprovechamiento de los recursos, tienen como base la organización de los procesos fundamentales de una industria porque están sujetos a la variedad de operaciones, a la cantidad de materiales que se produzcan y a otros factores de la producción, tanto del orden material y técnico como relativos al comportamiento humano de los trabajadores.

El orden y la limpieza no son específicos de un lugar de trabajo o de un área determinada, con factores que están actuando todo el tiempo y en todo sitio de actividades, dependen del hombre mismo en forma directa. Se inicia en la caja de herramientas o en el lugar en que se guarda la ropa de trabajo, se inician también desde los cajones del escritorio del más alto ejecutivo y se reflejan en las actividades de todos.

La limpieza en las oficinas es un medio preventivo directo que evita incendios, dado que el papel es uno de los materiales más abundante en ellas.

Al entrar en su área de trabajo, debe tener en cuenta lo siguiente:

#### Lista de Revisiones Para Orden y Limpieza Industrial

1. ¿Está limpio?
2. ¿Está todo en orden?
  - a) ¿Tiene un lugar?
  - b) ¿Está en su lugar?
  - c) ¿Está bien colocado?
3. ¿Está seguro?

Los locales de servicios tales como comedores, salón de descanso, baños y sanitarios, complementan las actividades de trabajo y deben

tener todas las condiciones necesarias de eficiencia y utilidad que su importancia les impone. La educación del personal que hace uso de ellos es el factor primordial para su mantenimiento ordenado y para su limpieza, además del programa de rutina que tenga que establecerse y de los medios para hacer el aseo. Así se logrará mejor producción, se afirmará la formación profesional de los trabajadores, se lograrán mayores ganancias y mejores salarios.

La experiencia ha demostrado que la causa predominante de los accidentes, es el factor humano, y que la posición psicológica del trabajador determina la propensión a que le sucedan con mayor o menor frecuencia. Lo importante es que también el orden es uno de los factores que contrarrestan esa tendencia y por lo mismo, la disciplina y la metodización tienen que estar en continua acción, no sólo en el trabajo, sino también en toda actividad.

### III.2 MANEJO DE MATERIALES.

En toda operación industrial se involucra en mayor o menor grado el manejo de materiales, en donde ocurren entre el 20% y el 25% de los accidentes de trabajo, siendo las lesiones más comunes: esguinces, dislocaciones, fracturas y hematomas.

El manejo de materiales comprende un conjunto de operaciones generales y de principios básicos, cuyo conocimiento es indispensable para establecer en cada lugar y en los casos concretos, las resoluciones más adecuadas para hacer más eficiente el trabajo y eliminar riesgos.

La importancia del buen manejo de materiales y de su correcto almacenamiento significa hasta una quinta parte del costo de producción y determinan cerca de una cuarta parte de los accidentes en la industria.

La finalidad de organizar y realizar bien el manejo de materiales, es lograr rapidez, evitar pérdidas de tiempo y de esfuerzo, dar suministro y servicio en cada lugar que lo requiera, bajar los costos y que todo trabajador rinda más en su trabajo con menor esfuerzo. También evita deterioro en lo que se mueve, y evita accidentes.

Las principales causas de lesiones son los siguientes actos inseguros:

1. Levantamiento inadecuado
2. Transporte de una carga excesiva
3. Agarre incorrecto
4. Falta de atención a los espacios para manos y pies
5. No usar equipo de protección personal

Los aspectos generales que se debe tomar en cuenta para el manejo de materiales son:

- a) Acondicionamiento de locales
- b) Organización y métodos de trabajo
- c) Distribución de materiales por su uso, tamaño y peligrosidad.
- d) Formas de agrupar los materiales
- e) Equipo de maniobra y para el personal
- f) Entrenamiento del personal

La circulación debe ser determinada mediante un estudio previo de las longitudes, de los recorridos y de los pesos que haya que transportar y una vez ya establecida, deberá señalarse con flechas, letreros y señales. Los pasillos y calzadas deberán por consiguiente, tener la amplitud suficiente para todo movimiento de rutina; como mínimo el piso deberá

mantenerse en buenas condiciones y sus límites sobre el mismo, serán señalados con pintura blanca.

Los locales deben tener ventilación, iluminación, pisos, puertas, etc., que satisfagan las operaciones que se efectúan dentro de ellos. También tendrán medios de combate contra incendio de acuerdo con los materiales que guarden. La limpieza debe hacerse diario y a fondo.

Para prevenir accidentes cuando se está trabajando en el manejo de materiales, es conveniente hacerse las siguientes preguntas:

1. ¿Puede el trabajo ser proyectado para que no sea necesaria la manipulación manual?
2. ¿Cómo causan lesiones los materiales que son manipulados (como polvos, productos químicos, objetos irregulares o afilados, etc.) a los que los manejan?
3. ¿Se puede facilitar a los trabajadores ayudas tales como cajas de tamaño adecuado, carretillas apropiadas o asas, para una mayor seguridad del trabajo?
4. ¿Es posible que el material sea movido o transportado mecánicamente, para eliminar los trabajos a mano?
5. ¿La ropa u otro equipo de protección personal ayudarán a evitar las lesiones?

#### IDEAS GENERALES PARA EL MANEJO DE MATERIALES

1. Inspeccionar los materiales en busca de astillas, rebabas, bordes, nudos y superficies irregulares o resbaladizas.
2. Agarrar firmemente el objeto.
3. Colocar los dedos lejos de sitios en que puedan ser atrapados, sobre todo al dejar caer el material al suelo.
4. Al manejar tabloncillos, tubos u otros objetos largos, no poner las manos en los extremos para evitar atraparlas.
5. Limpiar los objetos de grasas, humedad, polvo, etc., ya que los hacen resbaladizos.

6. Limpiarse las manos.

### LEVANTAMIENTO A MANO

El levantamiento a mano que se realiza con esfuerzo muscular tiene una técnica particular:

- Tener idea y sensación física del peso que se levantará.
- Pararse firmemente.
- Doblar las piernas y NO la columna vertebral para sujetar con las manos el objeto.
- Sujetarlo con seguridad.
- Mantener la columna vertebral lo más verticalmente posible (barbilla metida).
- Levantarse por acción de los músculos y piernas.

Para ejecutar esta maniobra se debe utilizar cinturón, éste sirve para repartir los esfuerzos musculares abdominales y evitar rupturas en la región ventral, las cuales son muy frecuentes e inutilizan a cualquier persona.

La persona que va a levantar un objeto pesado debe estar segura de poder hacerlo y de saber cómo hacerlo, no sólo es el peso el factor que determina si se puede levantar o no, sino que también la forma y/o peligrosidad intervienen en ello. Es mejor pedir ayuda que arriesgarse por no hacerlo, pues nadie está obligado a realizar lo que no puede normalmente.

### III.3 RIESGOS MECANICOS.

La máquina es un instrumento de trabajo, sobre el cual con-

vergen con mayor frecuencia la condición insegura y el acto inseguro, porque su uso rutinario y el cansancio que normalmente produce en toda persona la jornada de labores, contribuyen a ellos en forma directa.

La seguridad del trabajo en una máquina empieza en un diseño adecuado, en su correcto manejo y en su buen mantenimiento.

En la máquina se desarrolla una fase importante del trabajo:

Al trabajar con instrumentos mecánicos, debe hacerseles previamente una revisión o una inspección para cerciorarse de su buen estado y de la correcta posición y sujeción de sus partes y de sus conexiones.

Otro principio básico es, que toda herramienta se ha diseñado para una aplicación estudiada de antemano y que solamente hay que darle ese uso para hacer un buen trabajo, evitarle deterioros e impedir accidentes a quien la maneja. De este principio se establece otro que es muy simple pero que ha dado lugar a salvaguardar la vida de muchos trabajadores, éste es "NADIE DEBE MOVER MAQUINAS NI MANEJAR HERRAMIENTAS QUE NO CONOZCA".

#### PROTECCION DE PARTES MOVILES

Los engranes, que son un tipo de mecanismo de un uso muy amplio, han causado siempre el típico accidente por "mordeduras" que la mayoría de las veces es de graves consecuencias, pues es muy difícil poder soltarse de ellos cuando están en movimiento, y aún cuando están inmóviles, también es difícil separar el objeto "mordido", por lo que hay que desmontarlos previamente. La protección contra los riesgos de los engranes tiene que ser algo que nunca falte (por ejemplo guardas de maquinaria).



Cuando las piezas móviles de una máquina son muchas o son grandes conviene colocar además de los resguardos que vayan sobre la misma máquina, alguna barrera o barandal para que nadie se acerque a ella. También debe haber en toda área peligrosa y en toda máquina, letreros, indicaciones y colores que señalen a todo el personal los riesgos que existen.

La guarda debe proteger de manera simultánea al hombre y a la máquina y no debe ser una obstrucción a la libertad de movimiento o de visibilidad, ni ser un factor de incomodidad al trabajar.

#### HERRAMIENTAS DE MANO

Para evitar accidentes debido al uso de herramientas de mano, hay que tomar en cuenta los siguientes tres factores:

- Selección
- Uso
- Mantenimiento

La selección implica elegir con proporción y calidad una herramienta para un uso específico y adecuado; por ejemplo, para un clavo grande no se debe emplear un martillo pequeño.

El mantenimiento consiste en tener limpias las herramientas, sus partes bien ajustadas, cambiar los mangos que estén astillados o rotos, o en tener los filos en buenas condiciones, etc.

La herramienta de mano en mal estado no debe ser usada, ni tratar de ponerle partes postizas o hacerles inserciones provisionales, ésta es la peor práctica en el uso de la herramienta y además es la más peligrosa.

El trabajador preparado sabe que cada pieza de la herramienta de mano ha sido diseñada para cubrir una necesidad del trabajo manual, que la calidad de los materiales con que está hecha responde también a ese fin y que pretender pasar inadvertido el hecho de que tiene específicamente cierto uso, es sólo una evidencia del desconocimiento de las prácticas seguras de trabajo.

#### REGLAS BÁSICAS PARA EL MANEJO SEGURO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS

1. No opere máquinas que no conozca o no esté autorizado para ello.
2. Entérese bien del trabajo que ha de realizar. No olvide las instrucciones.
3. Revise su máquina antes de trabajar y cerciórese de que le ofrece seguridad y eficiencia.
4. Mantenga su máquina y el área de trabajo limpias y ordenadas.
5. Use su equipo de protección personal.
6. No deje que se acumule rebaba, retírela mediante un cepillo. No la toque nunca con las manos.
7. No deje herramienta de mano, llaves o algún otro objeto suelto sobre la máquina.
8. No use cortadores desafilados o defectuosos.
9. Mantenga lubricada su máquina con los aceites y grasas especificados.
10. Al oír ruido anormal en su máquina, deténgala y revísela.
11. No se distraiga o hable con otra persona cuando esté trabajando con su máquina. En caso necesario párela.
12. Cualquier ajuste, limpieza o cambio de piezas, debe hacerse con la máquina parada. Si es necesario dar movimiento éste debe hacerlo a mano o con herramienta, pero no haciendo funcionar los motores.

## UTILLAJE

Los elementos de utillaje en los aparatos de elevación más frecuentemente utilizados son:

1. Cuerdas
2. Cables
3. Cadenas
4. Ganchos

Estos deberán cumplir las siguientes normas generales:

**CUERDAS.** Todas las cuerdas deberán tener una etiqueta metálica que indique las características de las mismas antes de ser puestas en servicio, y mientras se empleen, se examinarán para investigar raspaduras, fibras rotas, cortes, desgastes, etc.

Cuando las cuerdas se corten en una longitud requerida se aplicará a cada lado del lugar donde se intente cortar, una ligadura de los hilos.

Las cuerdas no deberán ser arrastradas sobre superficies ásperas o donde puedan entrar en contacto con arena, arcilla, cascarilla, etc. Cuando estén mojadas deberán colgarse en un lugar seco, manteniéndolas alejadas del calor excesivo hasta que estén secas.

### PROPIEDADES DE ALGUNOS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA ELABORACION DE CUERDAS

- a) Manila (cáñamo de manila). Buena resistencia; no tienden a estirarse y almacenar energía. No resisten ácidos, cáusticos, moho, ni humedad. Empieza a carbonizar a 150°C.

- b) Nylon. Muy buena resistencia y elasticidad (2.5 y 4 veces más que la de manila respectivamente). Resisten el moho y la humedad, además de algunos reactivos químicos. No resisten el aceite de linaza y fenoles. Es especial para cargas sujetas a impacto. Reblandece a 150°C y funde a 250°C.
- c) Poliester. Es la más recomendable, en especial en circunstancias críticas. Su alargamiento es la mitad de la de nylon. Resiste bien el moho, la humedad y los agentes químicos, excepto el ácido benzoico. Reblandece a 150°C.
- d) Polipropileno. Es 50% más resistente que la de manila, pero reblandece a 150°C y no soporta el contacto con hidrocarburos líquidos a más de 65°C.
- e) Polietileno. Su punto de reblandecimiento es de 120°C y es poco elástica. Su resistencia es similar a la anterior.

En la tabla 1 se muestra las resistencias a la tracción y pesos de algunas de las cuerdas mencionadas.

#### INSPECCION

Se debe revisar las cuerdas cuando están:

- a) Nuevas: al recibirse y en toda su extensión.
- b) En servicio: cada 30 días, si opera en condiciones ordinarias, o con más frecuencia si su operación es crítica, como por ejemplo, en andamios.

Las cuerdas se deben examinar centímetro a centímetro en busca de:

- Desgaste
- Abrasión
- Polvo de fibra entre los cabos

TABLA 1 RESISTENCIAS A LA TRACCION Y PESOS DE LAS CUERDAS DE FIBRA SINTETICA  
Y NATURAL

DIMENSIONES EN PULGADAS (1 pulgada = 2,54 cm)		NYLON		POLIESTER		PROPILENO		FIBRA NATURAL DE 3 CABOS		
Diámetro	Circunferencia	Libras per 100 pies (14,881 gr/m)	Resistencia a la traccion (lb) (1 lb = 0,454 kg)	Libras per 100 pies (14,881 gr/m)	Resistencia a la traccion (lb) (1 lb = 0,454 kg)	Libras per 100 pies (14,881 gr/m)	Resistencia a la traccion (lb) (1 lb = 0,454 kg)	Libras per 100 pies (14,881 gr/m)	Resistencia a la Faccion (lb) (1 libra = 0,454 kg)	
									Manso	Sual
3/16	3/8	1.0	1,000	1.2	1,000	0.70	800	—	—	—
1/4	3/4	1.5	1,650	2.0	1,650	1.2	1,250	2.0	600	400
5/16	1	2.5	2,550	3.1	2,550	1.8	1,900	—	—	—
3/8	1 1/8	3.5	3,700	4.5	3,700	2.6	2,700	4.1	1,350	1,080
7/16	1 1/4	5.0	5,000	6.2	5,000	3.8	3,500	—	—	—
1/2	1 1/2	6.5	6,400	8.0	6,400	4.7	4,200	7.5	2,650	2,120
5/8	1 3/4	8.3	8,000	10.2	8,000	6.1	5,100	—	—	—
3/4	2	10.5	10,400	13.0	10,000	7.5	6,200	13.3	4,400	3,520
7/8	2 1/4	14.5	14,200	17.5	12,500	10.7	8,500	16.7	5,400	4,320
1 1/8	2 1/2	17.0	17,000	21.0	15,500	12.7	9,900	—	—	—
1 1/4	2 3/4	20.0	20,000	25.0	18,000	15.0	11,500	22.5	7,700	6,160
1 1/2	3	26.0	25,000	30.5	22,000	18.0	14,000	27.0	9,000	7,200
1 5/8	3 1/4	29.0	28,800	34.5	25,500	20.4	16,000	—	—	—
1 3/4	3 1/2	34.0	33,000	40.0	29,500	23.7	18,300	36.0	12,000	9,600
1 7/8	3 3/4	40.0	37,500	46.3	33,200	27.0	21,000	41.8	13,500	10,800
2	4	45.0	43,000	52.5	37,500	33.5	23,500	—	—	—
1 1/2	4 1/2	55.0	53,000	66.8	46,800	38.5	29,700	60.0	18,500	14,800
1 5/8	5	68.0	65,000	82.0	57,000	47.5	36,000	74.4	22,500	18,000
1 3/4	5 1/2	83.0	78,000	98.0	67,800	57.0	43,000	89.5	26,500	21,200
2	6	95.0	92,000	118	80,000	69.0	52,000	103	31,000	24,800
2 1/8	6 1/2	109	106,000	135	92,000	80.0	61,000	125	36,000	28,800
2 1/4	7	129	125,000	157	107,000	92.0	69,000	146	41,000	32,800
2 1/2	7 1/2	149	140,000	181	122,000	107	83,000	167	46,500	37,200
2 3/8	8	168	162,000	205	137,000	120	90,000	191	52,000	41,600
2 1/2	8 1/2	189	180,000	230	154,000	137	101,000	215	58,000	46,400
3	9	210	200,000	258	174,000	153	114,000	242	64,000	51,200
3 1/4	10	263	250,000	318	210,000	190	137,000	259	77,000	61,600
3 1/2	11	316	300,000	384	254,000	232	162,000	—	—	—
3 3/8	11 1/2	—	—	—	—	—	—	367	91,000	72,800
4	12	379	360,000	460	300,000	275	190,000	436	105,000	84,000

- Hilos rotos o cortados
- Desplazamiento de los cabos
- Pérdida de redondez de los cabos
- Decoloración
- Putrefacción (descomposición).

Quando las cuerdas de fibra natural se sobrecargan más del 50% de su carga de ruptura, quedan dañadas permanentemente. Para las sintéticas es del 65%.

## CABLES

Los cables son fabricados conforme a ciertas especificaciones establecidas, son de construcción y tamaño adecuado para las operaciones a que se destinen y deben estar libres de defectos.

Los cables están integrados por cabos y los cabos por alambres. Los alambres tienen un tamaño predeterminado. Los cabos se enredan helicoidalmente alrededor de un alma de sisal, manila o cordón metálico o de acero.

Mientras más alambres y cabos se tengan, el cable será más flexible. El arreglo puede constar de:

- 6 cabos x 19 alambres nominales (16 a 26 alambres)
- 6 cabos x 37 alambres nominales (27 a 49 alambres)
- 8 cabos x 19 alambres nominales

En la tabla 2 se muestra la resistencia a la rotura de algunos cables de acero.

Cuando no se requiere flexibilidad, se puede usar 6 x 7 (cables x alambres).

Los ojales y los lazos para los ganchos, anillos y demás partes de los cables estarán provistos de guardacables adecuados.

Los cables se eliminarán del servicio cuando su resistencia se vea afectada por alambres rotos, gastados o que presenten corrosión.

La dimensión, composición del cable y la carga máxima útil admisible serán marcadas en todos los cables por medio de etiquetas metálicas o de otra manera adecuada.

Diámetro (pulgadas) (1 pulgada = 2,54 cm)	COMPOSICION 6 x 19			COMPOSICION 6 x 37			COMPOSICION 3 x 19
	IPS		EIPS	IPS		EIPS	IPS
	FC	IWRC	IWRC	FC	IWRC	IWRC	FC
3/8	6.10	6.56	7.55	5.77	6.20	7.14	5.24
7/16	8.27	8.89	10.20	7.82	8.41	9.87	7.09
1/2	10.70	11.50	13.30	10.20	11.00	12.60	9.23
5/8	13.50	14.50	16.80	12.90	13.90	15.90	11.60
3/4	16.70	17.90	20.60	15.80	17.00	19.80	14.30
7/8	23.80	25.60	29.40	22.60	24.30	27.90	20.50
1	32.20	34.60	39.90	30.60	32.90	37.80	27.70
1 1/8	41.60	44.90	51.70	39.90	42.60	49.10	36.00
1 1/4	52.60	56.50	65.00	50.10	53.90	61.90	45.30
1 1/2	64.60	69.40	79.90	61.50	66.10	76.10	55.70
1 3/4	77.70	83.50	96.00	74.10	79.70	91.70	67.10
1 7/8	92.00	98.90	114.00	87.90	94.50	109.00	79.40
2	107.00	115.00	132.00	103.00	111.00	127.00	....
2 1/8	124.00	133.00	153.00	119.00	128.00	146.00	....
2 1/4	141.00	152.00	174.00	136.00	146.00	168.00	....
2 1/2	160.00	172.00	199.00	154.00	165.00	190.00	....
2 3/4	179.00	192.00	221.00	173.00	185.00	214.00	....
3	200.00	215.00	247.00	193.00	207.00	233.00	....

FC = Fiber Core (alma de fibra).

WSC = Wire Standard Core (alma de alambre de acero).

IWRC = Independent wire rope core (alma independiente de cable de acero).

TABLA.2 RESISTENCIA A LA ROTURA EN TONELADAS DE CABLES DE "ACERO MEJORADO".

Los cables estarán libres de coca, nudos, arracimamientos, partes aplastadas y variaciones irregulares del diámetro, como suele suceder cuando el alma se deteriora por rotura o por quemadura, si es textil.

No se deberán unir con nudos o anudarse para otros fines.

Se evitarán los desperfectos que puedan causar las aristas vivas de las cargas, interponiendo tácos de material blando, como madera, etc.

No se expondrán al fuego y los de alma de textil no se utilizarán donde estén expuestos a temperaturas que la dañen o quemem, en cuyo caso deberán emplearse los de alma metálica.

Todos los cables serán inspeccionados cuidadosamente a intervalos regulares y sus enlaces, grapas o abrazaderas se ajustarán si presentan señales de desajuste.

Los cables serán tratados a intervalos regulares con lubricantes adecuados, libres de ácidos o sustancias alcalinas, para conservar su flexibilidad y evitar la oxidación.

Los cables de acero son más usados que las cuerdas de fibra por las siguientes razones:

- Tienen mayor resistencia para igual diámetro y peso.
- Su resistencia no varía con la humedad.
- Su longitud varía menos con las condiciones atmosféricas.
- Duran más.

Las causas de deterioro de los mismos son:



- Desgaste; por abrasión o fricción.
- Corrosión.
- Cocos por mala instalación (son puntos débiles que no pueden ser eliminados.)
- Fatiga, que se muestra por roturas de alambres.
- Deseccación, por falta de lubricantes.
- Sobrecargas, incluyendo dinámicas por aceleración y desaceleración.
- Superposición de cables por mal arreglo en tambores.
- Abuso mecánico por pinzado o arrastre.

#### ESLINGAS

Son tramos de cable también llamados " estrobos " para levantar cargas.

En la tabla 3 se muestra la resistencia en toneladas para algunas eslingas.

#### CADENAS

Las cadenas para izar y las cadenas para eslingas serán de acero, conforme a las especificaciones establecidas.

Los anillos, ganchos, argollas, grilletes giratorios y extremos de las cadenas de izar y eslingas de cadena deberán ser del mismo material que el de las cadenas a las cuales van fijadas y se someterán a los mismos ensayos e inspecciones.

Las cadenas serán retiradas de servicio cuando no ofrezcan

seguridad debido a haberse sometido a sobrecargas o tener en alguna de sus partes, torceduras, deformaciones, alargamiento, grietas, desgastes, etc. Cuando por alguna de estas causas no puedan ser reparadas adecuadamente, deberán ser definitivamente inutilizadas.

Diámetro de cable (pulgadas) (1 pulgada = 2,54 cm.)	Un ramal sencillo						Dos ramales entrelazados o en f						
	Vertical			Nudo corredizo			Vertical *			60 grados			A
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	

Composición 6 x 19

3/8	1.3	1.2	1.1	0.98	0.93	0.86	2.6	2.5	2.3	2.3	2.1	2.0	1
1/2	2.3	2.2	2.0	1.70	1.60	1.50	4.6	4.4	3.9	4.0	3.8	3.4	3
5/8	3.6	3.4	3.0	2.70	2.50	2.20	7.2	6.8	6.0	6.2	5.9	5.2	5
3/4	5.1	4.9	4.2	3.80	3.60	3.10	10.0	9.7	8.4	8.9	8.4	7.3	7
7/8	6.9	6.6	5.5	5.20	4.90	4.10	14.0	13.0	11.0	12.0	11.0	9.6	9
1	9.0	8.5	7.2	6.70	6.40	5.40	18.0	17.0	14.0	15.0	15.0	12.0	13
1 1/8	11.0	10.0	9.0	8.50	7.80	6.60	23.0	21.0	18.0	19.0	18.0	16.0	16

Composición 6 x 37

1 1/8	13.0	12.0	10.0	9.9	9.2	7.9	25.0	24.0	21.0	23.0	21.0	18.0	15
1 1/4	15.0	15.0	13.0	12.0	11.0	9.6	32.0	29.0	25.0	28.0	25.0	22.0	22
1 1/2	19.0	17.0	15.0	14.0	13.0	11.0	38.0	35.0	30.0	33.0	30.0	26.0	27
1 3/4	26.0	24.0	20.0	19.0	18.0	15.0	51.0	47.0	41.0	44.0	41.0	35.0	31
2	33.0	30.0	26.0	25.0	23.0	20.0	66.0	61.0	53.0	57.0	53.0	46.0	41
2 1/4	41.0	38.0	33.0	31.0	29.0	25.0	83.0	76.0	66.0	72.0	66.0	57.0	51

Por consulta a *Amstar Steel Corp.*

A = Amarre a terminal forjado

B = Amarre con manguito mecánico

C = Amarre con gaza forrada a mano

\* Si se utilizan las eslingas para manipular cargas con ar. st. proteger el cable. El radio de curvatura no debe ser inferior a cinco pequeños, se tomarán los valores correspondientes al nudo co

Nota 1. La tabla se basa en factor de seguridad de 5. Ángulos formados por un ramal de eslinga con la horizontal que p

Nota 2. Para eslingas de tres ramales, multiplicar los límites de carga de los dos ramales por 1.5 para los de cuatro r

Nota 3. Para eslingas con unida de fibra y amarres de tipos A o C, multiplicar los valores dados por 0.91. Si el amarre es de m

**TABLA. 3 CARGAS-LIMITE EN TONELADAS PARA ESLINGAS DE CABLES DE ACERO (acero mejorado).**

Todas las cadenas y eslingas, nuevas o reparadas, serán sometidas a ensayos de tensión antes de ponerse en servicio, y posteriormente en forma periódica; la carga admisible que puede levantar será estampada en etiquetas sujetas a uno de los eslabones.

Las cadenas deben ordenarse antes de su uso hasta dejarlas libres de cocas, nudos y torceduras.

Nunca se deberá empalmar cadenas rotas mediante nudos, alambrado de eslabones o insertando tornillos entre los mismos (pasando un eslabón a través de otro e insertando un tornillo para que los sostenga). Podrán efectuarse empalmes para reparaciones de emergencia y provisionales, mediante el empleo de los grilletes especiales que existen para este objeto.

Se les cargará menos peso en tiempo frío, especialmente si la temperatura es inferior a 0°C. No se emplearán en trabajos en los cuales las cadenas puedan llegar a una temperatura igual o superior a 100°C.

Quando las cadenas no se empleen, deberán colgarse sobre caballetes o ganchos, de tal manera que los operarios que las manejen no estén expuestos a un esfuerzo excesivo al levantarlas, además, deberán guardarse en condiciones tales que se reduzca al mínimo la oxidación.

Las cadenas tienen como resistencia máxima la del más débil de sus eslabones.

Se les debe inspeccionar eslabón por eslabón para detectar:

- Eslabones doblados
- Grietas en soldaduras o cuerpo
- Cortes y estrías transversales

- Picaduras de corrosión.
- Alargamiento y deformación por sobreesfuerzo.

## GANCHOS

Los ganchos de las grúas deberán ser forjados o compuestos de chapas de acero suave, resistente al envejecimiento y con tratamiento térmico adecuado. Tendrán aristas redondeadas y una forma o dispositivo que impida el desenganche imprevisto de las cargas.

Debe prohibirse su empleo para otro fin que no sea el levantamiento de cargas no sujetas al suelo.

Se cuidará que no sufran corrosión, frotamiento, golpes o esfuerzos que los deformen.

Se retirarán del servicio y se inutilizarán cuando no presenten seguridad debido a haberse sometido a sobrecargas o tener deformaciones, desgastes, etc. También serán retirados cuando su sección crítica haya sufrido una disminución igual o mayor al 20% de la misma, o presenten grietas, estrías, etc., que, una vez eliminadas con lima o muela, den lugar a una disminución igual a aquellas.

### III.4 RIESGOS EN CONSTRUCCION.

En las obras de construcción se presenta una gran variedad de riesgos, ya que es fácil que sucedan, desde una herida leve o una caída, hasta un incendio o un derrumbe. Por lo que es indispensable que los responsables de las obras y personas encargadas de dirigir, supervisen y vigilen todas las actividades, a fin de proteger la vida y la salud de los trabajadores y también para poner a salvo de riesgos las construcciones vecinas y toda persona o vehículo que tenga que circular por las proximidades.

Uno de los principales problemas que se tiene en la construcción es que el personal como albañiles y peones, tienen poca o ninguna instrucción en seguridad, es notorio ver su olvido y generalmente se arriesgan sin necesidad en labores peligrosas. Es frecuente también su desconocimiento sobre los riesgos mecánicos y eléctricos o sobre sustancias corrosivas; por ello se hace indispensable que los asistentes técnicos o personas encargadas de dirigir y vigilar, apoyen a los encargados de seguridad, para que se cumplan las recomendaciones y reglas que se haya dispuesto; y que se cuente además con la ayuda de los maestros constructores, mecánicos, electricistas, pintores, etc., para eliminar riesgos con los manejadores de equipo mecanizado para excavación, movimiento de tierra, pilotado, etc.

En el proyecto de construcción de una fábrica, lo primero que se determina es el proceso de producción, después se fija la clase de maquinaria, equipo y herramienta con que se va a trabajar y también las formas de energía que se requieren. Las áreas de trabajo se determinan una vez organi

zada la distribución de la maquinaria, del personal y el sistema de transporte y estudiado los movimientos de las máquinas, de los hombres y del sistema de transporte interior, circulación del personal y de materiales. Igualmente importantes son los proyectos de iluminación y ventilación.

Es un grave error hacer primero las construcciones y luego tratar de acomodar las máquinas y equipos, porque se crean problemas que nunca llegan a resolverse y que impiden el buen trabajo y no permiten la seguridad.

Durante el proceso de construcción, hay necesidad de hacer obras provisionales, tales como oficinas, bodegas, líneas eléctricas y otras. Al hacerlas no debe confundirse lo temporal de su duración, con el sentido de provisional en cuanto a lo descuidado, todas ellas tienen tanta importancia y presentan tanto riesgo como una obra permanente, principalmente las líneas eléctricas y las obras de soporte o puenteo.

La labor del encargado de seguridad empieza conociendo el programa de trabajo y en prevenir lo necesario, considerando muy especialmente que el factor humano es el más crítico en esta clase de trabajo.

Cuando se conoce el programa, puede hacerse un análisis previo de los riesgos y establecer medidas preventivas, señalando qué procedimientos hay que seguir y cuáles elementos y recursos se necesitan. Se puede dar como base el mejoramiento de los métodos de trabajo, fijar reglas de seguridad generales y especiales, elaborar instructivos y efectuar una campaña auxiliada por carteles y señalamientos convenientes.

También los métodos de trabajo, desde la manera de portar las herramientas, hasta lo más especializado requiere supervisión para evitar accidentes por descuido, olvido o falta de preparación de los trabajadores.

Cada uno de los tipos de problemas enumerados debe ser atendido con técnica particular, es importante conocer las especificaciones de uso y de diseño de los equipos mecánicos y electromecánicos, principalmente de aquellos que muevan cargas pesadas, para vigilar la seguridad de su manejo.

El procedimiento básico es establecer un instructivo de uso, señalando los riesgos principales y proporcionando las reglas de seguridad necesarias. Esto puede presentarse en carteles o en textos colocables en las propias máquinas, sin embargo, para mayor efectividad conviene que en forma permanente haya una campaña de seguridad, principalmente a nivel del personal menos instruido y a nivel de maestros de obra, para lograr una cooperación integral.

El análisis de los riesgos en la construcción, puede hacerse como se ha indicado anteriormente, examinando problemas específicos entre los cuales se encuentran:

1. Uso de herramienta manual y eléctrica.
2. Uso de máquinas (carpintería y trabajos mecánicos).
3. Elevadores, andamios y pasillos.
4. Instalaciones eléctricas.
5. Instalaciones sanitarias y de agua.
6. Soldadura y corte.
7. Obras falsas y obras provisionales.
8. Grúas, garruchas y poleas.
9. Máquinas para movimiento de tierra y piloteado.
10. Revolvedoras y máquinas para colados.
11. Instalaciones de fuerza.
12. Compresoras.
13. Transportadores.

14. Cadenas, cables y cuerdas.
15. Pinturas, barnices e impermeabilizantes y pegamentos.
16. Frío, calor, humedad.
17. Circulaciones.
18. Bodegas.
19. Grúas.
20. Riesgos de incendio.

## EDIFICIOS

En la construcción de edificios pueden encontrarse algunos defectos que posteriormente llegan a crear riesgos y molestias continuas, aún cuando a veces parezcan sin importancia o que se deban a un ahorro aparente en la inversión para construir. Algunos de los más frecuentes son:

1. Distribución poco funcional.
2. Espacios muy reducidos.
3. Falta de salidas.
4. Salidas, escaleras y pasillo estrechos.
5. Elevadores de muy poca capacidad.

Los proyectos de edificios deben analizarse con base en su operación y en las facilidades que permitan para operación y mantenimiento.

En lo que se refiere a los acabados, principalmente de los interiores, se debe tener cuidado, ya que una gran cantidad de recubiertos de plástico pueden ser inflamables, así como también las cortinas y la tapetería. Esto resulta peligroso cuando se emplean aparatos eléctricos, por que cualquier corto circuito puede iniciar un incendio. Algunas pinturas con pigmentos metálicos pueden ser tóxicas y algunos solventes pueden tam -



bién ser peligrosos. Cuando se usen revestimientos de madera, es conveniente darles una capa de algún producto que impida la combustión. Todo material para acabados debe ser seleccionado bajo normas y especificaciones que garanticen su eficiencia, su duración y una baja peligrosidad.

En los proyectos de edificios debe siempre planearse un sistema de salidas de emergencia para los casos de sismos, incendios y otros accidentes de efecto colectivo.

Una salida de emergencia es un sistema de circulación que da paso seguro desde el interior de un edificio hasta un área sin riesgos, a un gran número de personas. En todo su trayecto debe haber indicaciones fáciles de leer o de interpretar, de manera que cualquier persona sepa cómo circular rápidamente.

Las salidas de emergencia deben tener como requisitos de servicio:

1. Buen piso.
2. Buena iluminación.
3. Puertas que se abran en el sentido de la circulación de emergencias.
4. Pocos codos o vueltas.
5. Puertas de bloqueo al fuego en pasillos y escaleras.

Cuando dos o más pasillos tengan acceso a uno solo, conviene que éste tenga una capacidad suficiente para evitar que la aglomeración cause un desastre adicional.

La capacidad de las salidas de emergencia, se determina tomando en cuenta el número de personas que habitan o laboran en un piso o

área. Un criterio general al respecto es que la anchura unitaria para que pase un individuo es de 60 cm y que el mínimo del paso debe ser de dos unidades; la intensidad de circulación práctica puede considerarse de 60 personas por minuto en plano y de 45 en escaleras. Con esas cifras puede preverse una circulación media, pero en realidad tiene que considerarse que en las emergencias se altera mucho la conducta de la gente y se pierde en parte el control general de la operación de desalojo, por lo cual debe darse un margen de eficiencia a la circulación efectiva.

#### COOPERACION COLECTIVA EN SEGURIDAD

Cuando se presenta un accidente de gran magnitud y puede llegar a afectar todo un edificio, una fábrica o una zona de actividades con casas y sus habitantes, se hace indispensable la colaboración en forma organizada de toda la gente del área tanto para quedar fuera de peligro como para actuar contra éste. La cooperación, para que sea efectiva, debe hacerse de manera que cada quién sepa lo que debe realizar y tener los implementos necesarios.

En las áreas fabriles o en las zonas habitacionales pueden constituirse grupos voluntarios para actuar en emergencias. Este requiere tener una organización definida, una reglamentación y procedimientos de acción conocidos por todos.

#### III.5 RUIDO.

El medio ambiente en que vive el hombre ha aumentado notablemente la intensidad y variedad de los ruidos que en forma natural no se presentan. Este aumento se debe al uso de motores, al tránsito de vehículos,

al trabajo industrial y otras actividades cotidianas.

El ruido además de presentar un problema técnico, presenta un problema social y psicológico.

En nuestra época civilizada no son los grandes ruidos los que causan el principal daño, puesto que sólo afectan en forma directa al aparato auditivo, sino que hay muchas clases de ruidos y sonidos continuados que atacan al sistema nervioso creando sobretensiones que llegan a repercutir en el equilibrio mental.

En el aspecto técnico, la protección contra los ruidos se realiza absorbiéndolos, dispersándolos y/o aislándolos.

La disminución del ruido en el ambiente de trabajo es una de las preocupaciones que se acentúa en el trabajo mecánico, principalmente en donde hay muchas máquinas trabajando dentro de locales grandes en que se registran ecos e interferencias.

## ENERGIA DEL SONIDO

El sonido es una forma de energía vibratoria que se capta en los oídos y se registra en el cerebro, tiene tres características básicas:

1. Intensidad o sonoridad. Es la energía vibratoria que fluye por unidad de tiempo a través de un centímetro de superficie perpendicular a su dirección. Se expresa dimensionalmente como un trabajo dividido entre el producto del tiempo por una área, o bien como el producto de presión por velocidad.
2. Frecuencia. Es el número de ciclos o de ondas completas que emite por segundo la fuente vibratoria. Se denomina periodo al tiempo que tarda cada ciclo.

3. Timbre. Es el tipo de voz de cada fuente de sonido, como son los instrumentos musicales, en que una misma nota por su timbre nos hace saber cuál es el instrumento que la produce.

## EMISION Y RECEPCION

Una fuente de sonido emite con una potencia  $P$  y el receptor percibe la sensación de sonoridad o con la intensidad de sonido  $I$ , algo menor en energía que la primera por la dispersión del sonido en el medio y por la distancia entre ambas. Esto lo expresa la ley física que dice: "La intensidad del sonido captado es inversamente proporcional al cuadrado de su distancia a la fuente emisora!"

Una característica natural muy importante, es que cuando la potencia de una fuente emisora de sonido se aumenta de manera continua sin interrupción, el oído humano no percibe la continuidad, sino solamente ciertos grados de diferencia de nivel del sonido, es decir, que la relación por diferencia de las intensidades que se van oyendo, guardan proporción con la relación por cociente respectiva, de las potencias que la producen. Esto se expresa:

$$I_a - I_b = K P_a / P_b$$

Con esta ley se establece la definición de la unidad con que se miden las intensidades audibles, por las diferencias que guardan en su percepción. De esa manera se tiene: Unidad Bel es la diferencia de intensidades de dos sonidos cuyas respectivas potencias productoras tienen la relación 10. Lo anterior significa que para  $P_a / P_b = 10$  ;  $I_a - I_b = 1$  ; además se establece con la misma ley que si la diferencia es doble habrá dos

veces el valor de la relación de potencias, o sea que si  $I_a - I_b = 2$  se tendrá:

$$P_a/P_b = 10 \times 10$$

De la misma manera se tendrá que para una diferencia de 3, habrá 3 veces el factor 10, o sea que se tendrá el valor 1000 y así sucesivamente. La observación de las cifras nos conduce a recordar que 1 es el logaritmo decimal de 10, que 2 es el logaritmo de 100, etc., y por lo tanto, la expresión de la ley se resuelve por:

$$I_a - I_b = \text{Log}_{10} P_a/P_b$$

Este hecho se interpreta en dos formas, una de tipo físico y otra de tipo matemática:

- a) La sensación producida por un estímulo vibratorio aumenta en una cantidad constante cuando la energía de la fuente productora se multiplica por un factor constante.
- b) La sensación aumenta como el logaritmo de la expresión.

La correspondencia de estos valores puede interpretarse también diciendo que si un sonido tiene una potencia 100 veces mayor que otra, éste tiene dos Bels más de intensidad que el primero, si otro sonido tiene con el primero una relación de potencia igual a 1000, tiene tres Bels más de intensidad.

## ESCALA ABSOLUTA

Una vez fijado el Bel como intervalo unidad, cuando se fija una escala con su origen físico en el umbral de la percepción auditiva, cuya potencia es de  $10^{-16}$  watts, y se emplea como base de medidas una frecuencia de 1000 ciclos, las intensidades se evalúan físicamente en FONOS (escala de medición del sonido).

Como ejemplo de valores aproximados de ruidos se puede establecer la tabla de DECIBELES:

Ruido de hojas en el aire . . . . .	10
Calle sin tránsito . . . . .	30
Ruidos nocturnos . . . . .	40
Automóvil a 10 m . . . . .	50
Interior de almacén comercial . . . . .	60
Calle de tránsito intenso . . . . .	70
Conversación a 1 m . . . . .	70
Taladro neumático a 3 m . . . . .	90
Remachado a 10 m . . . . .	100
Radio de 10 watts a 3 m . . . . .	110

Las mediciones del sonido y de los ruidos se basan en que, como ya se indicó antes, la energía del sonido equivale al producto de una presión por una velocidad, y con los aparatos se determina la presión acústica, bajo una frecuencia determinada.

La exploración de un área ruidosa se efectúa fijando puntos o trazando dentro de ella una cuadrícula, y tomando la lectura en cada uno. Después se reproduce en una gráfica y se unen los puntos de iguales lecturas hasta completar una serie de líneas cerradas que se llaman isosónicas o de igual intensidad.

## LESIONES AL OIDO

En el aparato auditivo normal se presentan dos clases de lesiones, unas temporales y otras permanentes. La sordera por causa de trabajo se denomina hipoacusia ocupacional y se define como: la pérdida de la capacidad de percepción auditiva, parcial, total, transitoria o permanente, a causa del trabajo.

Para fines de prevención de la contaminación del ambiente por los ruidos, éstos se definen como: la percepción acústica que llega a crear en las personas, estados de tensión nerviosa, desagrado y molestia o que les puede causar un daño físico.

La traumatización por el ruido puede detenerse, pero no es posible la recuperación una vez que se ha lesionado el aparato auditivo. Los trastornos principales que puede causar el ruido son:

- Nerviosismo e irritabilidad
- Descontrol mental
- Desequilibrio circulatorio
- Alteraciones neuro-musculares
- Fallas en las articulaciones
- Fallas orgánicas diversas

## EXPOSICIONES AL RUIDO

La exposición al ruido de 70 decibeles causa fatiga auditiva pero no llega a traumatizar definitivamente aunque si puede afectar a algunas personas en sus reacciones nerviosas, por lo mismo siempre es conveniente dar descansos periódicos durante la jornada de trabajo, de unos diez mi-

nutos cada 2 horas de labores.

Para evaluar los efectos del ruido en un trabajador debe tomarse en cuenta los siguientes factores:

- a) Niveles de ruido.
- b) Frecuencias que lo componen.
- c) Tiempo acumulado de exposición.
- d) Tiempo de exposición en una jornada.
- e) Condiciones de salud del individuo.
- f) Tiempos de descanso del individuo.

Para el trabajador rutinario son recomendables los siguientes niveles medios de ruido, determinados en DECIBELES:

Areas industriales . . . . .	80
Talleres . . . . .	75
Oficinas generales . . . . .	60
Areas urbanas . . . . .	50
Oficinas privadas . . . . .	55
Interior de casas . . . . .	40
Sanatorios . . . . .	35
Bibliotecas . . . . .	35

Estas cifras son convenientes para dar comodidad en las actividades habituales durante las jornadas de trabajo, pero si es posible, conviene bajarlas.

La permanencia obligada por las labores, en un lugar ruidoso, tiene límites adecuados para evitar lesiones al oído. Como preventivos pueden recomendarse, los niveles, en DECIBELES, los tiempos siguientes:



90 . . . . .	6 horas
95 . . . . .	4 horas
100 . . . . .	2 horas
105 . . . . .	1 hora
110 . . . . .	20 minutos
115 . . . . .	10 minutos

## CONTROL DEL RUIDO

El control del ruido debe hacerse en su fuente de origen o bien interceptando su transmisión. Las formas más prácticas de lograr ese control son:

1. Modificación de aparatos ruidosos.
2. Lubricación.
3. Aplicación de cubiertas.
4. Recubrimiento con aislantes.
5. Aislar la fuente en un recinto cerrado.
6. Desviar el ruido con muros.
7. Evitar ecos y resonancias.
8. Emplear recubiertos absorbentes en las paredes.
9. Cimentar con acojinados de tierra.
10. Tapar juntas.
11. Bernizar con amortiguadores.
12. Descomponer las vibraciones armónicas.

Puede aplicarse simultáneamente alguno de los procedimientos indicados cuando el ruido es muy intenso, además debe protegerse en forma directa a los afectados, por medio de tapones o de copas aislantes.

### III.6 ILUMINACION Y COLORES

La luz natural consiste en un grupo de radiaciones que son parte del espectro electromagnético, todas ellas tienen la misma velocidad, pero diferente longitud de onda y por lo tanto distinta frecuencia. Toda luz a la vez que produce luminosidad, produce la sensación de color, así el grupo de radiaciones que perciben los ojos produce la luz blanca o la luz del día, la cual puede ser dividida, haciéndola pasar por un prisma, en las radiaciones que la componen.

Estas radiaciones por su parte producen cada una, luminosidad y un color particular. Entre ellas hay una para la que el ojo humano tiene mayor sensibilidad de registro, ésta es la luz amarilla-verde de una longitud de onda de 555 milimicrones, que equivalen a 555 millonésimos de milímetro.

#### MEDIDA DE LA LUZ

La luz que emana de una fuente que la produce incide sobre los diversos objetos que están en su derredor, esta luz y la que reflejan los objetos que ilumina, son percibidos por medio de los ojos e identificados en sus particularidades. El color de la luz de la fuente, su intensidad, el color de los objetos iluminados y su capacidad para reflejarla, determinan la mayor o menor facilidad con que los ojos los perciben y pueden darse cuenta de sus detalles de color y forma.

Las cantidades de luz que ayudan a ver, provienen tanto de las fuentes de su origen como de los objetos que la reflejan y su caudal se denomina FLUJO LUMINOSO. La unidad de flujo luminoso es el LUMEN, que se

define como la cantidad de  $1.6 \times 10^{-3}$  vatios, emitidos en una longitud de onda de 555 milimicrones.

La emisión de luz por una fuente cualquiera se hace en forma radial por el espacio, por lo tanto, si un objeto está cerca de la fuente luminosa interceptará un flujo con muchos rayos de luz y si el mismo está lejos interceptará un flujo con menos rayos luminosos, ya que éstos se van esparciendo en el espacio desde que salen de la fuente. Si se tiene una fuente que omite un LUMEN y se considera una esfera de un metro de diámetro en cuyo centro esté dicha fuente y sobre esta esfera se toma como base la superficie curva que mide un metro cuadrado, habrá una cantidad de rayos luminosos que esta superficie intercepte. En estas condiciones esa cantidad de luz que incide sobre la superficie de un metro cuadrado se denomina un LUX. Si se tomara como superficie un pie cuadrado, la cantidad respectiva de luz se denomina CANDELA. La luminiscencia es la intensidad de luz que emite una fuente luminosa o una superficie iluminada. Se mide en unidades de Candela /cm<sup>2</sup>.

**INTENSIDAD DE ILUMINACION.-** Es el flujo luminoso que incide por unidad de superficie. Se mide en Luxes. Para cada tipo de trabajo se requiere una intensidad óptima de iluminación sobre el plano en que se realiza la actividad. Con una misma intensidad luminosa de la fuente puede haber distintas intensidades de iluminación en las superficies expuestas, de acuerdo con su color y su poder de absorción de la luz.

**FUENTES DE LUZ.-** Las fuente de luz más usuales son las lámparas, las cuales, de acuerdo con la forma en que producen la luz se pueden agrupar en tres clases:

- a) De radiación térmica. Por efecto de alta temperatura un filamento llega a la incandescencia y emite luz de espectro continuo abarcando toda la gama visible.

- b) De descarga eléctrica a través de una masa gaseosa, en la que la luz se produce por estados especiales de los átomos del gas y se caracteriza porque las radiaciones emitidas están de acuerdo y limitadas por la propia naturaleza del gas.
- c) Por fluorescencia. Fenómeno que consiste en que algunas sustancias al absorber energía de radiaciones ultravioleta pueden emitir a su vez energía luminosa de cierta longitud de onda.

## ILUMINACION

La iluminación para lograr eficiencia en el trabajo y para protección de los ojos se hace de manera científica y técnica, tomando como bases las propiedades de las fuentes luminosas, las de la luz y las de los objetos que se iluminan para verlos. La proporción entre la luz que sale de una fuente y la que un objeto iluminado hace llegar a los ojos, se afecta de varias maneras, pero su apreciación se hace aplicando conceptos y factores de corrección.

Entre estos están los factores de reflexión, los factores de transmisión y las intensidades de iluminación.

La experiencia ha llevado a determinar los valores óptimos medios para esos factores. La cantidad de luz utilizada realmente es la que se tiene sobre las superficies de trabajo, y tanto su calidad como su distribución unitaria deben en todo proyecto de alumbrado ser el objetivo fundamental. Hay una relación entre el flujo luminoso que produce una lámpara y el que llega a las superficies que se desea iluminar, la cual se denomina Rendimiento de Iluminación, cuyo valor está sujeto al tamaño de los locales, al color de sus paredes y techos y al tipo de acabado superficial que estos presenten y al diseño de la misma lámpara. Cuando se determina

la iluminación que debe haber en un lugar de trabajo, como una mesa de dibujo, un torno, un escritorio, se puede calcular, de acuerdo con los factores mencionados, cual será el flujo luminoso que debe emitir la lámpara o grupo de lámparas con que se cuenta para alumbrar correctamente. En este caso también se toma en cuenta la distribución de ellas.

En la lista se muestra la intensidad de iluminación aplicables a algunos lugares de concurrencia:

ESCUELA	INTENSIDAD DE ILUMINACION (LUXES)
Salón de clases . . . . .	500
Laboratorios . . . . .	600
Talleres . . . . .	500
Salón de lectura . . . . .	800
Salón de dibujo . . . . .	800
Pasillos . . . . .	300
Oficinas generales . . . . .	1000

#### INDUSTRIALES

Talleres en general . . . . .	500
Bancos de trabajo . . . . .	1000
Trabajos de precisión . . . . .	4000
Fundición general . . . . .	400
Taller de pintura . . . . .	1000
Cuarto de soldadura . . . . .	4000
Trabajo medio carpintería . . . . .	400
Cuarto de máquinas . . . . .	400
Cuarto de controles . . . . .	500
Cuarto de procesos . . . . .	500
Almacén de bultos grandes . . . . .	100

Almacén de bultos chicos . . . . .	300
Laboratorios. . . . .	600
Salón mecanografía . . . . .	800
Local archivo . . . . .	300
Oficina administrativa . . . . .	600
Oficina privada . . . . .	400
Dibujo ingeniería . . . . .	3000
Sala reuniones . . . . .	400

#### FACTORES DE REFLEXION PARA LUZ DIURNA

Pintura blanca . . . . .	0.65 - 0.75
Ladrillo . . . . .	0.10 - 0.70
Madera clara . . . . .	0.50 - 0.60
Madera oscura . . . . .	0.20 - 0.40
Cortinas claras . . . . .	0.30 - 0.45
Cortinas rojas . . . . .	0.10 - 0.20
Aluminio pulido . . . . .	0.65 - 0.75
Aluminio mate . . . . .	0.55 - 0.60
Cobre . . . . .	0.45 - 0.50

#### CONTRASTES Y VISIBILIDAD

Los letreros y símbolos deben ser hechos de tamaño apropiado para que se distingan desde una distancia tal que pueda hacer útiles sus indicaciones; y de colores con el fin de llamar la atención y facilitar su visibilidad. En la aplicación de los colores se ha observado que en orden de mejor visibilidad, se pueden usar los siguientes contrastes:

1. Negro sobre amarillo.

2. Verde sobre blanco.
3. Rojo sobre blanco.
4. Azul sobre blanco.
5. Blanco sobre azul.
6. Negro sobre blanco.
7. Blanco sobre rojo.
8. Blanco sobre verde.
9. Blanco sobre negro.
10. Rojo sobre amarillo.
11. Verde sobre rojo.
12. Rojo sobre verde.

## C O L O R

El color es una sensación integrada por ondas luminosas de diversas longitudes. La integración se realiza en la retina del ojo por medio de los elementos sensibles a los colores básicos, azul, rojo y verde.

Para la formación de un color se puede seguir el método de suma o bien el método de sustracción, con los colores básicos.

Los diferentes cuerpos físicos según su constitución fisico-química, tienen una absorción selectiva del color, y reflejan aquél con que aparecen a nuestra vista.

Un importante aspecto en la aplicación de colores es el efecto subjetivo que causan por su tinte y por sus tonos.

La preferencia por determinados colores se funda en la parte final del proceso de recepción de los efectos luminosos, en el cerebro, y

en sus efectos de tipo mental.

Los dos colores, con sus diversos tonos, que tienen una mayor preferencia son el rojo y el azul y el que menos tiene, es el violeta. A modo de ejemplo de efectos, se puede citar que el rojo produce sensación de calor, abrigo y excitación general, que el azul es tranquilizante y sus tonos claros dan sentido de amplitud y frescura, que el verde es un equilibrante del sistema nervioso y el anaranjado facilita algunas funciones vitales, como la digestión.

#### EMPLEO DE LOS COLORES

La finalidad de distinguir por medio de colores los elementos operantes, fijos y móviles, de una instalación industrial, un almacén, patios o recintos de trabajo, es aumentar la eficiencia, comodidad y seguridad del personal que labora en ellos.

La aplicación de cualquier clave de colores debe ser lo más sencilla y práctica posible para que sea comprendida y memorizada por todos; aún por el personal de menor instrucción.

La selección de colores se hace estableciendo una serie de colores fundamentales que son fácilmente distinguidos por la mayoría de las personas (visión normal) y por las sensaciones tales como el frío, calor, tranquilidad y otras.

Una abundante cantidad y desorden de piezas de diversos colores es tan inadecuada como la carencia de distinción colorida entre los diversos enseres que nos rodean; también los colores oscuros, los fuertes contrastes y la iluminación excesiva son nocivos.



La buena organización de los colores ayuda a tener orden, limpieza y seguridad. En un recinto de trabajo, deben equilibrarse la iluminación, los colores de muros y techos y pisos, y los colores de la maquinaria. Los avisos e indicaciones deben llevar colores en forma independiente de los colores generales, en ellos debe buscarse facilitar la rápida lectura o el poder distinguir bien figuras cuando las haya.

La práctica general en el uso de colores se puede resumir de la manera siguiente:

## R O J O

Se emplea para indicar peligros, para localizar y hacer resaltar equipo de emergencia. Básicamente se usa en:

1. Estaciones y equipos de bomberos.
2. Lugares de salidas de emergencia en caso de fuego.
3. Los hidrantes para incendio en las industrias.
4. Las bombas de agua para incendios.
5. Todo equipo contra incendio.
6. Aparatos rociadores contra incendio (tuberías e instalaciones).
7. Recipientes portátiles que contengan líquidos inflamables con un punto de inflamación de 80 °F, éstos, además de pintarse en rojo se les pinta una banda amarilla con el nombre del líquido.
8. Luces rojas que se colocan en las vallas, obstrucciones o en construcciones temporales.
9. Señales de peligro de todo tipo.
10. Los botones de los enchufes eléctricos para parar la maquinaria en situaciones de emergencia.
11. Las barras para detener maquinaria en situaciones de emergencia.

## ANARANJADO

El color anaranjado se emplea para designar partes peligrosas de la maquinaria o cualquier parte de un equipo que pueda lesionar. Se aplica en:

1. Las partes móviles no protegidas y accesibles, de las máquinas.
2. Botones de arranque y manijas.
3. Los extremos de engranajes al descubierto, poleas, rodillos, cilindros, piezas cortantes, muelas de triturar y otros.

## AMARILLO

El color amarillo por su alta visibilidad se emplea para indicar precaución con el fin de evitar golpes, tropezones, caídas y otros accidentes. Se emplea para llamar la atención sobre los riesgos en:

1. Equipo de construcción.
2. Señales en las esquinas de las pilas o estibas de almacenaje.
3. Cubiertas o piezas de protección para los alambres guías.
4. Los extremos descubiertos y sin protección de las plataformas, pozos o paredes.
5. Instalaciones que cuelguen a las áreas normales de trabajo.
6. Barandas o pasamanos, barandillas de precaución, escalones iniciales y finales de escaleras.
7. Extremos de puertas de elevadores que cierren y abran horizontal o verticalmente.
8. Grúas o aparejos de poleas a baja altura.
9. Señales para los accesos a las puertas que se proyectan

sobre áreas de paso, transportadores móviles, vigas o cañerías a baja altura.

10. Equipo para transportar materiales, tales como tractores, camiones, remolques, grúas, etc.
11. Pilares, columnas o postes contra los que se pueda chocar.
12. Plataformas de carga o vías de acceso a las mismas (deberán pintarse rayas de este color en estas áreas).
13. Los bordes verticales de las puertas de corredera para casos de incendio, que se muevan en sentido horizontal.
14. Los recipientes de desperdicio para materiales explosivos o muy combustibles deberán tener una banda amarilla en todo alrededor.
15. Señales de precaución.
16. Los sistemas de tuberías que contengan materiales peligrosos.

#### VERDE

El verde es el color básico para significar "seguridad y la colocación de los primeros auxilios" (que no se relacionen con el equipo contra incendios).

1. Las camillas y lugares en donde se guarden.
2. Los gabinetes de primeros auxilios.
3. Los juegos de instrumentos de primeros auxilios.
4. Los dispensarios.
5. Los lugares en que se guarden máscaras contra gases.
6. La unidad de emergencia.
7. La unidad quirúrgica.
8. La tablilla de anuncios de seguridad.

## A Z U L

Se le puede utilizar para los casos de arranque de maquinaria o equipo; señales de advertencia para barreras pintadas y banderolas, las cuales deberán ser colocadas en las fuentes de energía de la maquinaria y exhibirlas en los siguientes lugares:

1. Elevadores.
2. Hornos y cribas.
3. Tanques.
4. Estufas.
5. Calderas.
6. Controles eléctricos.
7. Secadores.
8. Válvulas.

## MORADO

Se le utiliza para indicar peligros o riesgos provocados por la radiación, se aplica en:

1. Habitaciones y áreas donde se guarden o manipulen material radioactivos; o que hayan sido contaminados.
2. Terrenos donde se entierran o guardan materiales y equipos contaminados.
3. Recipientes donde se guarden equipos contaminados.
4. Recipientes que contengan materiales radioactivos.
5. Equipo contaminado que no esté guardado en un lugar especial.

## BLANCO

Se emplea para indicar el tránsito y delimitar pasillos o calzadas, se aplica en:

1. Los finales sin salida de los pasillos y corredores.
2. El lugar y anchura de los corredores.
3. Escaleras.
4. Señales direccionales.
5. Límites de calzada para vehículos.

## COLORES EN TUBERIAS

Para dar color adecuado a una tubería, debe tenerse en cuenta el código básico, y que la selección de un color haga que concuerde éste con la naturaleza del líquido o gas que se conduce, así como con su peligrosidad.

Generalmente el color de la tubería es una clave genérica, por lo cual hay que especificar mediante letreros sobre ella, el nombre del líquido y algunos datos importantes, y también el sentido de la circulación, con flechas indicadoras.

Una revisión de los códigos usados en diversas industrias mexicanas ha mostrado que las más frecuentes aplicaciones del color en las tuberías son las siguientes:

Vapor . . . . .	Aluminio
Agua . . . . .	Azul
Combustible . . . . .	Negro

Combustible diesel . . . . .	Café claro
Gas . . . . .	Rojo
Lubricantes . . . . .	Café oscuro
Aire a presión . . . . .	Blanco
Líneas eléctricas . . . . .	Negro
Partículas suspendidas . . . . .	Franjas combinadas
Soluciones corrosivas . . . . .	Amarillo
Productos específicos . . . . .	Convencional específico
Agua contra incendio . . . . .	Rojo

En los casos citados, ayudan a diferenciar a los mismos colores, los diámetros de las tuberías, la forma de colocarlas y sujetarlas, así como los tipos de válvulas que se usen, pero siempre es conveniente ponerles una clave o figura pintadas o bien un letrero que explique lo necesario y su suficiente. También con el uso de diversos tonos de un mismo color pueden derivarse usos específicos, tal como en el caso de agua de uso general, agua tratada, agua de desecho y agua potable, cuyo color base es el azul, pero hay facilidad para dar tonalidades diferentes e insertar indicaciones escritas o en clave.

### III.7 RIESGOS ELECTRICOS

La electricidad es un fenómeno natural que se presenta como una forma de energía debido a la constitución de la materia (protones y neutrones, los que constituyen el núcleo, y electrones). Y que al aplicarse a esta última energía externa (frotación mecánica u otro procedimiento), puede inducirse un flujo de electrones a lo largo de un circuito cerrado.

#### CARACTERISTICAS DE LA ELECTRICIDAD.

La cantidad de electricidad en circulación o intensidad de la corriente se mide en amperes.

La presión de la electricidad circulante o sea la fuerza que empuja la corriente o tensión de la corriente se mide en volts.

A medida que la electricidad avanza, va encontrando una resistencia, cuya cantidad depende la sustancia con que tropieza. La unidad de resistencia a la corriente eléctrica se denomina ohm.

Estos factores se interrelacionan por medio de la Ley de Ohm, la cual se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$A = \frac{V}{R} \quad \text{o sea}$$

$$\text{INTENSIDAD (Cantidad de corriente) = } \frac{\text{TENSION (Presión de la corriente-voltaje)} \\ \text{(amperes)}}{\text{RESISTENCIA A LA CORRIENTE}} \\ \text{(ohms)}$$

En un circuito eléctrico se produce un movimiento de energía que tiene por efecto un Trabajo equivalente al que se puede realizar en un sistema mecánico, considerando que una fuerza se desplaza por el espacio.

El volt se define como el trabajo aplicado a la unidad de carga eléctrica para desplazarla, cuando la energía usada es de un joule. Al voltaje por su efecto se le llama también fuerza electromotriz, aunque propiamente es un trabajo y no una fuerza.

La cantidadde electricidad que circula cada unidad de tiempo requiere un trabajo y ese gasto de trabajo es la Potencia Eléctrica, que se expresa en watts.

Las relaciones principales que se pueden establecer para hacer los cálculos relativos a la corriente eléctrica y el trabajo que desarrolla son las siguientes:

Trabajo en Joules:	$W = V^2 t/R$
Potencia en Watts:	$P = w/t = V^2/R$
Calor en Cal-gramo	$C = 0.24 w$
Iluminación en Lúmenes:	$L = 625 P$

Donde:

- t = Tiempo (seg)
- W = Trabajo (joules)
- P = Potencia (watts)
- C = Calor (calorfas-gramo)
- L = Iluminación (lúmenes)

Los riesgos como consecuencia de la electricidad se dividen en dos categorías generales:

1) A las personas: por descarga eléctrica; por quemaduras directas, y por lesiones secundarias consecuencia de descargas no mortales.

2) A las propiedades: consecuencia de fuegos y explosiones (los que pueden también dar origen a lesiones personales).

#### RIESGOS PARA LAS PERSONAS.

Las diferentes reacciones (gravedad del choque eléctrico, quemaduras, etc), que pueden producirse en el organismo humano tras el contacto con conductores bajo tensión dependen de cierto número de elementos, que son:

- La intensidad de la corriente.
- La resistencia eléctrica del cuerpo.
- La tensión de la corriente.
- La frecuencia y forma de la corriente.
- El tiempo de contacto.



- El camino que siga la corriente a través del cuerpo.

El cuerpo es buen conductor de la electricidad y se le puede aplicar la Ley de Ohm.

$$\text{Amperaje que pasa por el cuerpo} = \frac{\text{Voltaje aplicado al cuerpo}}{\text{Resistencia del cuerpo y sus contactos .}}$$

#### PAPEL DE LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE.

1. La cantidad de corriente que circula por el cuerpo es el factor de mayor importancia y varía de acuerdo con las diferencias de resistencia del cuerpo, y/o a que la corriente que esté pasando sea de alto voltaje. Si el voltaje permanece constante entonces la corriente del extremo de entrada de la línea variará con la resistencia. Así, una resistencia más baja tendrá como resultado un amperaje más alto. Ejemplo:

$$\text{Resistencia del cuerpo seco} = 500,000 \Omega \quad A = \frac{V}{R} = \frac{110 \text{ volts}}{500,000} = 0.00022 \text{ amperes} = 0.22 \text{ ma}$$

$$\text{Resistencia del cuerpo mojado} = 100 \Omega \quad A = \frac{V}{R} = \frac{110 \text{ volts}}{100} = 1.1 \text{ ampere}$$

Los choques o descargas eléctricas ocurren de repente y suelen ser graves. La gente en general cree que los riesgos de choque eléctrico se deben al alto voltaje y es primordialmente la corriente la que mata y no el voltaje.

El factor central es la relación entre el voltaje con el cual se ha entrado en contacto y la resistencia del circuito del cual el cuerpo forma parte. Si esa resistencia es baja, el voltaje puede ser bajo y sin embargo suficiente para matar. Los fallecimientos debidos al circuito común eléctrico de 110 volts son numerosos.

En la siguiente Tabla (4) se indica los umbrales mínimos, es decir, los niveles susceptibles de originar ciertas percepciones y trastornos en el organismo.

Efecto	Intensidad de corriente, en miliamperios					
	Continúa		50 Hz		10.000 Hz	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Ligera sensación en la mano	1	0.6	0.4	0.3	7	
Umbral de percepción	5.2	3.5	1.1	0.7	12	8
Descarga no dolorosa, no se pierde el control muscular	9	6	1.8	1.2	17	11
Descarga dolorosa, no se pierde el control muscular	62	41	9	6	55	37
Descarga dolorosa, umbral de desenganche	76	51	16	10.5	75	50
Descarga dolorosa y grave, contracciones musculares, dificultad de respiración	90	60	23	15	94	63
Descarga posible efecto de fibrilación ventricular a partir de descargas de tres segundos	500	500	100	100		
Descargas cortas que duran t segundos			165/Vt	165/Vt		
Sobretensiones de alta tensión	50*	50*	13.6*	13.6*		
Parálisis cardíaca y respiratoria, así como graves quemaduras			4000 >			

\* Energía medida en vatios-segundos o joules.

TABLA 4 . EFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA EN EL SER HUMANO.

Son tres los mecanismos primarios mediante los cuales puede ocurrir la electrocución:

- i) Paros respiratorios.
- ii) Fibrilación ventricular.
- iii) Asfixia.

Los casos (i) e (ii) pueden darse mientras circula la corriente, continuando una vez que ésta ha cesado. El caso (iii) se da sólo cuando circula la corriente, pudiendo reanudarse la respiración normal una vez que cesa el flujo de aquella.

El paro respiratorio se produce cuando la parte del cerebro que controla los músculos del diafragma recibe una sacudida, deteniéndose la respiración. Si el cerebro no se recupera en aproximadamente cuatro minutos, se producirá la muerte.

La fibrilación ventricular es cuando el corazón pierde su capacidad para actuar como bomba de la sangre. El corazón no retornará a su función normal una vez que se encuentra en ese estado, si no recibe un tratamiento especial. La mayor parte de las muertes por choque eléctrico se producen como consecuencia de esta situación.

La asfixia se produce cuando los músculos del diafragma son puestos en un estado de contracción permanente (tetania) como consecuencia de una corriente eléctrica persistente; esta situación se traduce en una falla pulmonar. Puede producirse un daño irreversible a los tejidos con mucha mayor rapidez que la que supone un margen aceptado de cuatro minutos. Adicionalmente, el espasmo muscular no controlado puede dar lugar a cortaduras, magulladuras, caídas, golpes, etc.

La gravedad de las quemaduras directas, como consecuencia de

una corriente eléctrica, dependen sobre todo del voltaje y la intensidad de la corriente.

Cuando se utilizan calentadores de inducción, las quemaduras pueden ser causadas por objetos metálicos que se calientan rápidamente cuando se ponen accidentalmente en contacto con el campo magnético. No deberán usarse anillos metálicos, brazaletes o collares cerca de un calefactor de inducción, ya que suponen sistemas ideales en los que pueden generarse circuitos.

#### PAPEL DE LA RESISTENCIA ELECTRICA DEL CUERPO.

La resistencia eléctrica del cuerpo humano no es una constante, sino un elemento que varía según la influencia de diversos factores.

Para que se produzca un accidente, es necesario que el cuerpo de la víctima pase a formar parte de un circuito eléctrico por el cual pase una corriente eléctrica suficiente para causar molestia o algo peor. En la práctica esto puede ocurrir cuando:

- El cuerpo establece circuito entre dos conductores a distinto voltaje.
- El cuerpo esté en contacto por un lado con un conductor bajo tensión y por otro, generalmente los pies, con el suelo. Este es el caso más frecuente.

El elemento esencial de la resistencia del cuerpo humano está constituido por la resistencia de la piel (ya que la del medio interno del cuerpo es prácticamente constante), la que es inversamente proporcional a la superficie de contacto con la fuente productora de electricidad. Esta resistencia varía también según la tensión de la corriente y el tiempo de contacto.

#### PAPEL DE LA TENSION DE LA CORRIENTE.

Al aumentar la tensión disminuye la resistencia. Con tensiones superiores a 2000 volts, la resistencia de la piel se reduce a la del medio interno.

La tensión de la corriente y la resistencia del cuerpo son factores que influyen en la producción de las intensidades peligrosas, de acuerdo con la Ley de Ohm.  $I = V/R$ .

La resistencia muy elevada del organismo no evita por completo la fibrilación ventricular, si la tensión de la corriente es del orden de 1000 a 2000 volts.

#### PAPEL DE LA FRECUENCIA Y FORMA DE LA CORRIENTE.

Para alcanzar los valores anteriormente definidos es necesario con la corriente continua intensidades aproximadamente cuatro veces más altas que con las corrientes habitualmente empleadas (alterna de 50 periodos). La corriente continua, poco utilizada, produce, en líneas generales, efectos semejantes a los que ya se ha señalado, si bien hay que advertir que por la electrólisis puede producir perturbaciones en el organismo.

#### PAPEL DEL TIEMPO DE CONTACTO.

Experimentalmente se ha comprobado que es prácticamente imposible producir la fibrilación ventricular con choques de 0.20 segundos. Por el contrario, a partir de un segundo, aproximadamente, la fibrilación aparece inmediatamente.

Nótese la gran importancia, desde el punto de vista de la prevención, de utilizar los disyuntores de alta sensibilidad con el fin de que se produzca un corte de la corriente en el momento en que tiene lugar una

intensidad de fuga, ya que, aunque las intensidades que atraviesan el organismo sean peligrosas, en ningún caso puede producir fibrilación ventricular si el tiempo de contacto no supera las 200 milésimas de segundo.

#### PAPEL DEL TRAYECTO DE LA CORRIENTE.

La corriente sigue el camino de menor resistencia a lo largo del cuerpo o por su superficie, o por una combinación de ambas cosas.

Parte del cuerpo humano	Resistencia (ohms)
Piel mojada	100
Piel seca	100,000 a 600,000
De la mano al pie	400 a 600 (interior del cuerpo)
Mojado de oreja a oreja	100
Entre los brazos	500
Parte interior del cuerpo	400 a 600

#### DISPOSITIVOS DE PROTECCION CONTRA LOS RIESGOS POR CONTACTO INDIRECTO O CON MASAS ACCIDENTALMENTE PUESTAS EN TENSION

##### DISPOSITIVOS DE CORTE AUTOMATICO.

Estos son aparatos que interrumpen cualquier corriente de defecto a tierra con suficiente rapidez en un tiempo suficientemente pequeño. Aseguran en principio una protección casi total.

Existen dos tipos de dispositivos de disparo automático: los sensibles a la corriente de defecto y los sensibles a la tensión de defecto.

Los aparatos sensibles a la corriente de defecto tienen por finalidad limitar las corrientes de fuga, del lado del utilizador, a un valor fijado por su sensibilidad. Se les denomina de alta sensibilidad los

que limitan esta corriente a 30 mA como máximo.

En los aparatos sensibles a una tensión de defecto (relés de tierra), la seguridad se funda en la medida de la diferencia de potencial entre las masas y la tierra. Cuando la diferencia de potencial entre la masa y la tierra sobrepasa un valor determinado (24 ó 50 volts), por haberse producido un defecto a tierra, el relé provoca el disparo del disyuntor.

Ambos aparatos aseguran una excelente protección, aún en caso de puestas a tierra deficientes. Un disyuntor diferencial con sensibilidad de 25 m.A. actúa con una resistencia de 960 ohms y uno 500 m.A. con una de 48 ohms. Es muy importante que en ambos casos, el buen funcionamiento del dispositivo de seguridad se verifique al menos una vez al día.

#### PROTECCION MEDIANTE RELES DE TENSION.

Cuando se trata de instalaciones de alguna potencia, como compresoras, bombas, etc. El corte del circuito donde se ha producido un defecto puede llevarse a cabo con un disyuntor accionado por un relé sensible a la tensión de defecto, ya que, además, en el mercado no hay disyuntores de corriente diferencial de amperajes tan elevados.

#### CONEXIONES EQUIPOTENCIALES.

Se logran mediante un conductor de protección que una a las masas eléctricamente entre sí. Esta conexión puede hacerse además a tierra para evitar las diferencias de potencial que puedan presentarse entre las masas o elementos conductores y el suelo.

#### NORMAS PARA LOS USUARIOS.

Las precauciones elementales que se deben tener para evitar riesgos eléctricos son:

- No manejar electricidad sin conocimiento suficiente de ella.
- No hacer contacto con aparatos o cables sin asegurarse que no tienen corriente.
- Proteger los cables conductores, de aceite, agua, ácidos o superficies calientes que deterioren su forro.
- No colgar los conductores de clavos o perfiles filosos y procurar que no se les hagan nudos.
- No deben hacerse nunca instalaciones provisionales con conductores descubiertos o mal unidos, porque pueden causar chispas, cortocircuito o incendio.
- Usar herramienta eléctrica con aislamiento apropiado.
- Conectar a tierra la herramienta portátil al trabajar.
- Colocar tarjetas y cerraduras de seguridad.
- Los fusibles y los interruptores deben estar colocados fuera de las áreas de trabajo en cajas aisladas.
- Antes de trabajar examine las condiciones de su equipo y herramienta.
- Use las protecciones y señales adecuadas al trabajo que va a realizar.
- Procure estar en condiciones de aislamiento personal correcto.
- En un tablero vivo no debe hacerse ningún trabajo, ni en un circuito con corriente.



- La proximidad indebida a aparatos y circuitos eléctricos puede ser causa de descargas o arcos. Por lo que cuando se trabaje en tableros o en aparatos eléctricos debe dejarse éstos completamente limpios y se evitará que queden en ellos pedazos sueltos de alambres, tornillos o piezas metálicas así como hilazas o líquidos o alguna herramienta.
- No se instalen aparatos defectuosos ni se usen cables que tengan alguna clase de fallas.
- Todas las estructuras que soportan aparatos eléctricos deben estar conectados a tierra.

#### RIESGOS PARA LA PROPIEDAD.

La energía requerida para iniciar un incendio o explosión puede producirse de dos formas:

- 1) Cuando el circuito está sobrecargado (caso de cortocircuito), esto es, que transporta una corriente por encima de su capacidad, lo que hace que aumente la temperatura del circuito, y se libere calor suficiente para encender un material inflamable o iniciar una explosión.
- 2) Cuando se produce una chispa o arco, situación que se puede dar cuando el aislamiento se rompe como consecuencia de la sobrecarga del circuito, o por razón de su propio envejecimiento. Otra fuente de chispas es la que se observa en los interruptores cuando se conecta y desconecta la corriente. Las clavijas eléctricas que hagan mal contacto pueden dar lugar al mismo problema. Por esta razón, cuando la atmósfera es inflamable deben utilizarse interrupto-

res especialmente diseñados.

#### CODIGO NACIONAL ELECTRICO.

Las normas a las que debe sujetarse cualquier instalación eléctrica con el fin de asegurar su eficiencia y que los peligros sean mínimos, se encuentran en el Código Nacional Eléctrico. Por ejemplo, el material que se debe instalar en diferentes áreas de trabajo, se clasifica de la siguiente manera:

Clase I. Donde existen o pueden existir gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas.

División 1. Donde existen siempre o periódicamente.

División 2. Esporádicamente y por emergencia.

Clase II. Donde se manejan polvos combustibles.

División 1. Siempre o periódicamente.

División 2. Esporádicamente.

Clase III. Donde se manejan fibras inflamables.

División 1. Donde se fabrican.

División 2. Donde se almacenan.

#### ELECTRICIDAD ESTATICA.

Esta se produce cuando los electrones se desplazan en la superficie de un material. Es consecuencia de la fricción entre dos superficies que se mueven la una sobre la otra; por ejemplo cuando los sólidos o los líquidos fluyen por tuberías, o bien cuando un gas pasa a través de un orificio.

El desplazamiento de electrones da lugar a voltajes muy elevados en el material, los que al llegar a un nivel crítico, se descargan en forma de chispa. La energía de la chispa es suficiente para iniciar una explosión en polvos o vapores.

Para evitar que se formen cargas estáticas en el equipo o las personas, deberá lograrse que dicha carga circule por un sistema que la conecte a tierra. En las máquinas esto se consigue instalando cintas metálicas para toma de tierra conectadas a la máquina, mediante las cuales pasa a tierra la carga estática. El personal debe utilizar calzado especial que cuente con suelas conductoras.

#### REANIMACION DEL ELECTROCUTADO.

Para intentar la reanimación del electrocutado debe seguirse el siguiente procedimiento:

- 1) Cortar inmediatamente la corriente. La persona que lo haga no deberá establecer contacto con la víctima o con el equipo eléctrico que la víctima esté tocando. Esto puede lograrlo usando guantes de goma, o un trozo de madera seca como palanca.
- 2) Si ha cesado la respiración, deberá aplicársele la respiración boca a boca, continuando en ello hasta que llegue ayuda médica o se reanude la respiración.

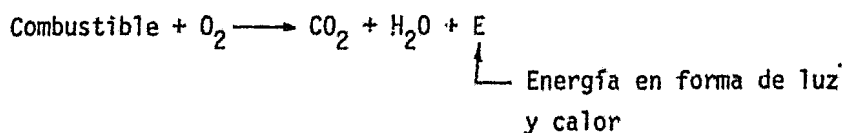
#### III.8 RIESGOS DE INCENDIO.

El fuego es consecuencia del calor y de la luz que se produce durante las reacciones químicas denominadas de combustión.

La combustión es un fenómeno en el cual se combina el combus-

tible y el oxígeno del aire para formar bióxido de carbono y vapor de agua con desprendimiento de luz y calor.

La reacción general que se produce durante la combustión es la siguiente:

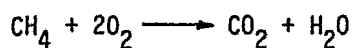


Es necesaria la presencia de energía como el calor para que comience la reacción, una vez iniciada ésta va a generar el calor necesario para continuar.

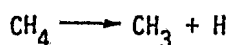
Si la reacción de combustión se realiza sin el oxígeno suficiente, la reacción es incompleta, y los pequeños fragmentos del material no quemado, causan humo. La formación de bióxido de carbono hace más difícil la respiración. La mayoría de las personas que mueren en incendios es a consecuencia del efecto tóxico del humo y de los gases calientes, y no como consecuencia directa de las quemaduras.

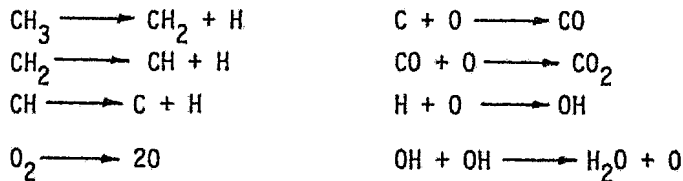
Para apagar el fuego, los extinguidores buscan bloquear el mecanismo de reacción, actuando sobre alguno de los productos de la misma, ya que ésta se lleva a cabo en varias etapas. Ejemplo:

La siguiente reacción general:



Se obtiene a partir de:





Donde se va a actuar sobre el OH, ya que existe una gran formación de éste.

Para que exista el fuego se necesita reunir tres factores que son:

1. **VAPORES COMBUSTIBLES.** El combustible para poder arder, se debe encontrar en forma de vapor.
2. **OXIGENO DEL AIRE.** Al oxígeno se le denomina "Comburente".
3. **ENERGIA (Calor).** El calor es una forma de energía y trae como efecto la elevación de la temperatura de los reactivos iniciando la reacción.

La reunión de estos tres factores siempre producirá fuego. Se le acostumbra representar por un triángulo. Fig. 8

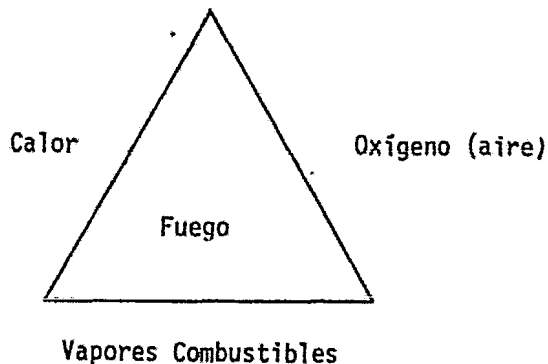


Fig. 8 Triángulo del Fuego

Si el triángulo está incompleto no puede producirse fuego, esta es la base sobre la que se apoya la prevención de incendios, y la lucha contra el mismo consiste en romper el triángulo del fuego.

#### PROPIEDADES PELIGROSAS DE LOS COMBUSTIBLES.

La posibilidad de que un material arda, depende de sus propiedades físicas y químicas. Por regla general los materiales son inflamables únicamente en estado de vapor. La formación de vapor procedente de sólidos o líquidos se controla fundamentalmente mediante su temperatura. En la prevención de fuegos, el conocimiento de la capacidad de un material para formar vapores, y de la temperatura requerida para que dichos vapores se inflamen, es muy importante.

Se ha dicho que el combustible para que pueda arder, se debe encontrar en forma de vapor, lo cual muestra la importancia de la temperatura a la que empieza a desprender vapores un combustible, a esta temperatura se le llama "Temperatura de Ignición" o "Flash Point". Para la gasolina el Flash Point es de cerca de 7°C en cambio para la kerosena es de 49°C.

La "Temperatura de Autoignición", es la temperatura a la cual la mezcla de vapores combustibles y aire se inflama sin necesidad de una fuente de ignición. En el caso de la gasolina esta temperatura es de 257°C y la kerosena 254°C.

Los vapores combustibles para poder arder en el aire, requieren que se encuentren en cierta proporción ya que si la cantidad de vapores es muy pequeña la mezcla estará "pobre" y no arderá; en el caso de que la cantidad de vapores combustibles sea muy alta, la mezcla estará "muy rica" y tampoco arderá. Para que la mezcla pueda arder, o mejor dicho, sea una "mezcla inflamable", se necesita que esté dentro de ciertos "límites de inflamabilidad".

El "límite inferior de inflamabilidad" nos determina la proporción de vapores combustibles en el aire, a partir de la cual la mezcla arderá. El "límite superior de inflamabilidad" nos determina la proporción de vapores en el aire, a partir de la cual la mezcla no arderá por ser demasiado rica. Estos valores se reportan como porcentaje de vapores en el aire. Ejemplo: para la gasolina son 1.4% y 7.6%; o sea, que menos de 1.4% de vapores de gasolina en aire no arderán y más de 7.6% tampoco.

En ocasiones a estos límites también se les llama "límites de explosividad", ya que la mezcla inflamable puede ocasionar "explosiones". Aún cuando las "explosiones" no son más que la combustión en un lugar confinado o cerrado.

La densidad relativa de una sustancia, es la relación de el peso de la misma, con respecto al peso, de el mismo volumen, de otra sustancia. Comunmente se aplica como la relación de el peso de una sustancia, con respecto al peso de un volumen igual de agua, a la que se le conoce como densidad relativa de un líquido con respecto al agua.

Se denomina densidad de vapor a la relación de el peso de un volumen de vapor o gas puro (sin aire presente) con respecto al peso de un volumen igual de aire seco a la misma temperatura y presión. Se calcula como el peso molecular del gas entre el peso molecular promedio del aire (29). Si la densidad de vapor es menor que 1, indica que el vapor es más ligero que el aire y tenderá a elevarse en una atmósfera de relativa calma; si es mayor que 1 indica que el vapor es más pesado que el aire y puede viajar a niveles bajos por una distancia considerable hasta una fuente de ignición y encenderse (si el vapor es inflamable). Para gases y líquidos inflamables se le reporta abajo del punto de ebullición de 100°F. Se le conoce también como la densidad relativa de un gas con respecto al aire.

El punto de ebullición se define como la temperatura a la cual

un líquido pasa a la fase vapor, y se le refiere a una presión de 14,7 psia (1 atm).

Se conoce como punto de fusión a la temperatura a la cual una sustancia pasa de estado sólido a estado líquido.

La información del grado en que un líquido inflamable es soluble en agua, es útil para determinar los agentes y métodos de extinción más efectivos. Por ejemplo, la espuma resistente al alcohol, es generalmente recomendada para líquidos inflamables solubles en agua. Otro caso sería, cuando el agua transporta a la gasolina encendida, por lo que se le debe usar en forma de niebla hacia la flama para bajar la temperatura.

Cuando un líquido se evapora, el vapor formado ejerce una presión sobre el líquido, a ésta se le denomina presión de vapor. Es muy importante hacer notar que, a una temperatura dada, es una propiedad del líquido para producir vapor.

Algunas sustancias son peligrosas porque no tienen color ni olor, por eso en ciertas ocasiones se les agrega odorizante para identificarlos.

#### FUENTES DE IGNICION.

Estas pueden ser:

1. FLAMA ABIERTA. Calentadores de hogares, calderas, sopletes, quemadores, desperdicios de cigarro, etc.
2. CHISPAS DE FRICCIÓN. Pueden dar la suficiente energía para iniciar la combustión. Este tipo de chispas se producen al friccionar metales, etc.
3. CORRIENTE ELECTRICA. Los circuitos eléctricos están siempre expuestos a producir chispas o arcos, con energía suficiente



para prender los vapores combustibles. De ahí la importancia de que en las áreas de peligro las instalaciones eléctricas sean a "prueba de explosión".

4. **ELECTRICIDAD ESTATICA.** Al fluir líquidos y gases por tuberías y equipos, generan electricidad que se va acumulando hasta llegar a cantidades tales que producen chispas, por lo que todos los equipos (bombas, tuberías, recipientes, etc.) deben estar conectados a tierra a fin de que se disipe la electricidad formada.
5. **COMBUSTION ESPONTANEA.** Existen sustancias inestables que al ponerlas en contacto reaccionan entre sí, generando luz y calor o bien reaccionan espontáneamente con el oxígeno del aire con desprendimiento de luz y calor; tal es el caso del Sulfuro Ferroso que se encuentra en los residuos de los recipientes que al extraerlos y exponerlos al aire arden, por eso se recomienda que tan pronto como sean extraídos los residuos se lleven a un lugar donde no representen peligro.
6. **OTRAS FUENTES DE IGNICION.** Estas son naturales, como el rayo o el sol, y aunque no se pueden evitar hay que tenerlos presentes.

#### EXTINCION DE INCENDIOS.

La extinción del fuego se basa en eliminar uno de los tres factores necesarios para que exista el fuego, teniendo así tres métodos para la extinción de fuegos:

1. **ENFRIAMIENTO.** Este método se basa en la eliminación del calor para evitar que continúe la combustión. Un agente que

absorbe gran cantidad de calor, enfriando en forma muy eficiente es el agua, que correctamente aplicada es muy útil. Otra forma de enfriar es que los gases de la combustión se dividan y entren en contacto con el aire enfriándose, esto se logra haciéndolos pasar a través de una rejilla como en los arrestadores de flama de los tanques de almacenamiento.

2. SOFOCAMIENTO. Consiste en evitar que entren en contacto el oxígeno del aire y los vapores combustibles; esto se logra en dos formas, la primera se basa en crear una atmósfera inerte (exenta de oxígeno) por medio de agentes extintores como el bióxido de carbono, los polvos químicos secos y líquidos vaporizantes. La otra forma es aislar el combustible del aire por medio de una capa intermedia, que es el caso de la espuma química, las espumas mecánicas y el agua liviana.
3. ELIMINACION DE COMBUSTIBLE. La eliminación de el combustible siempre traerá la extinción del fuego.

#### CLASIFICACION DE INCENDIOS.

Los fuegos se clasifican según el tipo de combustible que está ardiendo, ya que es este quien determina el método de extinción. Tabla 5.

T A B L A 5

CLASE DE INCENDIO	TIPO DE COMBUSTIBLE	METODO DE EXTINCION	AGENTE EXTINTOR
A	Sólidos que dejan residuo carbonoso (madera, papel, goma, plásticos)	Enfriamiento	Agua Espuma Polvo ABC
B	Líquidos y gases	Sofocamiento	Espuma Polvos Químicos { Normal Purpura K ABC Líquido vaporizante CO <sub>2</sub>
C	Circuitos eléctricos	Sofocamiento	CO <sub>2</sub> Polvos Químicos { Normal Purpura K ABC
D	Metales Combustibles (sodio, magnesio)	Sofocamiento	Polvo especial para incendio Clase D

EXTINGUIDORES PORTATILES.

El objeto de los extinguidores, es proporcionar protección contra incendio a instalaciones que por su diseño o capacidad, puedan ser protegidas con tal equipo; o para el ataque de los conatos, como complemento de la protección fija o semifija, que requieran las instalaciones.

EXTINGUIDOR DE AGUA.

Se dispone de tres tipos de estos extinguidores:

- a) Bajo presión permanente.
- b) Con cartucho o generador de presión.
- c) Con bomba manual.

En el agua se pueden agregar humectantes o tensores superficiales para producir espuma mecánica.

La forma general de estos extinguidores (Fig. 9 ) es semejante, diferenciándose sólo en el modo en que se genera la presión. Se debe aplicar el chorro de agua a la base del fuego.

#### EXTINGUIDOR DE POLVO QUIMICO SECO "ANSUL".

Este extinguidor (Fig. 10 ) consta de un recipiente para el depósito de polvo químico seco, y otro recipiente pequeño que es el que da la presión requerida para cuando se dispara el extintor. Existen modelos de 5, 9, 20, 30 lbs. La presión que se libera ofrece un alcance de 2 a 4 m.

El polvo químico seco es propiamente Bicarbonato de Sodio con aditivos para evitar la humedad y que se formen grumos que dificulten que fluya libremente el polvo.

Al operar el extinguidor, se dirige la descarga de polvo químico a la base de las llamas en forma continua y moviendo lentamente la boquilla en forma de vaivén para barrer el fuego.

#### EXTINGUIDOR DE ESPUMA QUIMICA.

Consta de un recipiente exterior con capacidad para 8 lts de agua, una manguera con su boquilla de salida y de un recipiente interior. Estos aparatos portátiles están diseñados para operar a presión durante la reacción de las sustancias. Fig. 11 .

En el recipiente exterior se almacena una solución de Bicarbonato de Sodio al 8% con un agente estabilizador llamado extracto de Orozuz al 3%.

El recipiente interior contiene una solución de sulfato de aluminio al 13% en 1.5 lt de agua.

Al invertir el extinguidor las dos soluciones se mezclan produciendo una espuma que contiene burbujas de bióxido de carbono; la espuma se desliza suavemente cubriendo el área del solvente incendiado, como una manta sofocadora y las burbujas de CO<sub>2</sub> impiden la entrada del aire (oxígeno) reduciendo el mismo del área incendiada, extinguiendo las flamas por sofocación del oxígeno.

Al operarlo no lo agite, ni lo voltee hasta llegar al lugar del área incendiada, donde lo invertirá para que las soluciones se mezclen, lo cual originará que se empiece a descargar espuma por la presión que se genera en esos momentos; el chorro que se expulsa se debe dirigir a la base de las llamas, a las paredes del recipiente, la espuma debe deslizarse para cubrir la superficie en forma de vaivén.

#### EXTINGUIDOR DE BIOXIDO DE CARBONO.

Se compone de tres partes principales:

- Un cilindro de acero para contener el CO<sub>2</sub> a la alta presión.
- Una válvula que evita que salga el gas del cilindro.
- Una manguera con corneta.

El bióxido de carbono es completamente inerte e incombustible. Una libra de gas CO<sub>2</sub> en forma líquida cuando se convierte en gas, cubrirá un espacio de cerca de 500 veces su volumen.

Es muy eficaz en distintas clases de incendios como los de las clases "B" y "C". Dentro del recipiente del extintor, debido a la alta presión, el gas se encuentra en forma líquida.

Ninguna persona debe manipular un extinguidor sin haber tenido un entrenamiento previo.

En el manejo de este extinguidor los mejores resultados se obtienen, si se usa lo más cerca posible del fuego y acercando la corneta a las orillas o a la parte inferior del objeto incendiado y luego moviéndola gradualmente en forma de vaivén hasta cubrir el fuego. La descarga del CO<sub>2</sub> debe continuarse por algún tiempo, con el fin de enfriar el aire en el área del incendio y evitar que pueda volver a incendiarse.

El extinguidor de CO<sub>2</sub> (Fig. 12 ) debe pesarse cada seis meses para saber que no haya habido pérdida en el gas. El peso total del extinguidor deberá ser la suma del peso del extinguidor vacío, más el peso del bióxido de carbono indicado.

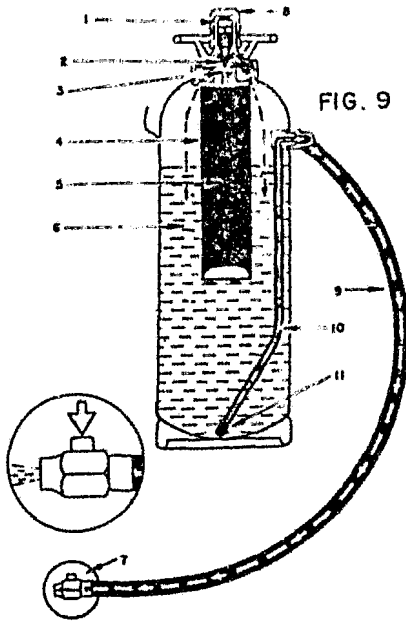
Las capacidades más usuales son: 5, 10, 15 y 20 libras.

Debido a que el gas no es conductor de corriente eléctrica, el extinguidor de CO<sub>2</sub> es recomendable en fuegos de motores y equipos eléctricos.

#### M A N G U E R A S

La finalidad principal de las mangueras es llevar agua a presión, desde la fuente de abastecimiento (ya sea una boca de incendio o una bomba) hasta el punto en que se le ha de utilizar contra un incendio. Llevada la manguera hasta el lugar del fuego, el agua es lanzada por el espacio hasta la zona ardiente por medio de un pitón especial que se halla en el extremo de la línea de la manguera.

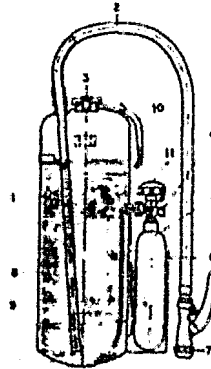
Las medidas más comunes son de 2½ y 1½ pulgadas de diámetro, en tramos de 50 pies con acoplamientos de bronce, llamados coples, en cada



- 1 - PERCUSOR
- 2 - AGUJA
- 3 - SELLO
- 4 - CARTUCHO
- 5 - BIXIDO DE CARBONO
- 6 - AGUA

- 7 - BOQUILLA DESCARGA
- 8 - CAPUCHA DE SEGURIDAD
- 9 - MANGUERA
- 10 - TUBO-SIFON
- 11 - FILTRO DE MALLA

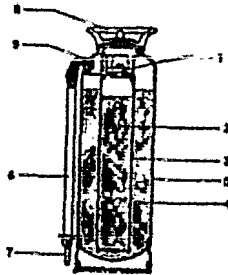
EXTINGUIDOR DE AGUA 9.5 LT (2 1/2 GAL) DE CAPACIDAD CON CARTUCHO A PRESION



- 1 - RECIPIENTE PARA EL POLVO QUIMICO SECO
- 2 - MANGUERA
- 3 - TAPA PARA LLENADO, CON VALVULA DE SEGURIDAD
- 4 - VALVULA DE SEGURIDAD
- 5 - CILINDRO CON BIXIDO DE CARBONO O NITROGENO A PRESION
- 6 - SOPORTE PARA EL CILINDRO CO<sub>2</sub> O NITROGENO
- 7 - BOQUILLA DE DESCARGA
- 8 - TUBO DE ALIMENTACION DEL BIXIDO DE CARBONO
- 9 - TUBO SIFON
- 10 - MANERAL
- 11 - VALVULA DE TORNILLO DEL CILINDRO DE GAS

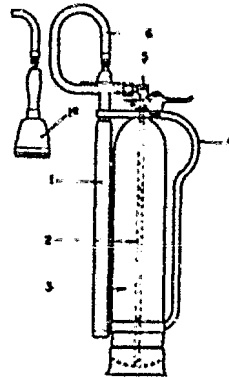
EXTINGUIDOR POLVO QUIMICO SECO 9 KG (20 LBS) DE CAPACIDAD CON CARTUCHO EXTERIOR

FIG. 11



EXTINGUIDOR ESPUMA QUIMICA 9.5 LT (2 1/2 GAL) DE CAPACIDAD

- 1 - TAPA DEL RECIPIENTE INTERIOR
- 2 - SOLUCION "A", SULFATO DE ALUMINIO
- 3 - RECIPIENTE INTERIOR
- 4 - SOLUCION "B" BICARBONATO DE SODIO
- 5 - CILINDRO
- 6 - MANGUERA
- 7 - BOQUILLA
- 8 - MANERAL
- 9 - FILTRO



EXTINGUIDOR DE BIXIDO DE CARBONO 9 KG (20 LBS) DE CAPACIDAD

- 1 - CORNETA DE DESCARGA TIPO CHIFLON
- 1a - CORNETA DE DESCARGA TIPO NIEBLA
- 2 - TUBO SIFON
- 3 - CILINDRO DE BIXIDO CARBONO
- 4 - MANERAL
- 5 - VALVULA
- 6 - MANGUERA

FIG. 12

extremo de la manguera, de manera que puedan empalmarse o acoplarse rápidamente cuantos tramos se deseen para formar una tubería ininterrumpida. Uno de los extremos de la manguera tiene un cople de bronce macho, y en el otro un cople también de bronce giratorio hembra, de manera que la manguera se pueda acoplar o desacoplar sin necesidad de hacerla girar.

La manguera está hecha de una doble camisa de algodón o dacrón recubierta de hule o cloruro de polivinilo. Estas soportan presiones considerables y cuando se les ha tenido atenciones y cuidado como es debido puede prestar servicio durante muchos años.

La manguera de buena calidad es cara, y ha de hacerse todo lo posible para impedir que se dañe o se heche a perder.

Tres son las causas principales de deterioro y daño: enmohecimiento (musgos); quemaduras por acción de ácidos; y contacto con gasolina o aceites minerales.

Siempre que la manguera se contamine por haberla utilizado en un incendio o en algún otro lugar, o siempre que esté muy sucia se le ha de lavar y frotar con agua limpia o con una solución alcalina diluida, secándola después completamente.

Las mangueras no han de guardarse donde reciban directamente los rayos del sol, puesto que la luz solar ataca a las fibras, reseca y agrietándolas.

Los fuegos de líquidos inflamables exigen el empleo de pitones nebulizadores o de neblina (si lo que se utiliza es agua). El agua lanzada en estas condiciones tiene mayor eficiencia en la absorción del calor, por lo tanto, enfría más rápidamente el área incendiada.

Los fuegos de materiales sólidos de la clase "A" como madera,



algodón, etc., requieren de empleo de chorro directo por la necesidad de penetración y mayor alcance. El agua lanzada en estas condiciones en un incendio de estas características, tiene una capacidad de absorción muy pobre que puede ser de 10% en comparación con la neblina.

### ESPUMAS MECANICAS

Las espumas mecánicas se forman haciendo pasar un flujo de agua por las mangueras y a través de un proporcionador se crea el vacío necesario para succionar el líquido concentrado, para formar una solución que al llegar a una boquilla (bazooka) succiona el aire necesario para formar la espuma. Ver Fig.13

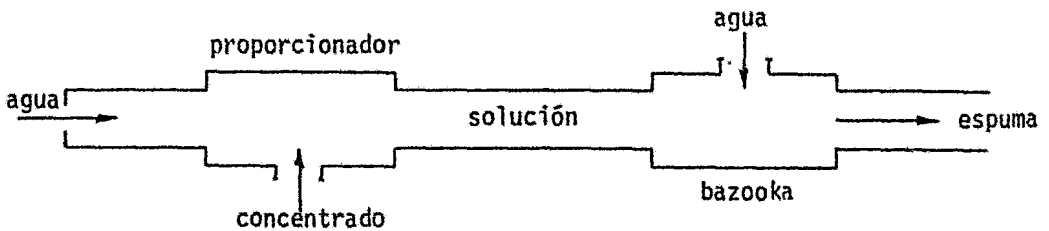


Fig. 13

Las espumas mecánicas que hay en el mercado se pueden clasificar en la siguiente forma:

1. **ESPUMAS DE TIPO PROTEICA.** El líquido concentrado es una proteína hidrolizada con aditivos para preservarla de la descomposición. Viene en concentraciones del 6% y 3%, su expansión al formar las espumas es de unas diez veces su volumen.
2. **ESPUMA RESISTENTE AL ALCOHOL.** Este tipo de concentrado se de

sarrolla, debido a que la espuma proteica se disuelve al entrar en contacto con solventes orgánicos fuertes como el éter, benceno, tolueno, metanol, etc. El concentrado resistente al alcohol está formado básicamente por detergentes sintéticos con las mismas propiedades y características para la producción de espuma que en el caso de la proteica.

3. ESPUMA DE ALTA EXPANSION. Este concentrado aumenta cerca de mil veces su volumen al generar la espuma, siendo el método para hacerlo similar al de las otras espumas, sólomente para agregar el aire se requiere un ventilador para manejarlo en el volumen adecuado.

AGUA LIVIANA. El "agua liviana" es la designación para un producto que al adicionarse al agua forma una solución que flota en los hidrocarburos líquidos sellando la superficie, impidiendo la evaporación. Se le usa combinado con polvo púrpura K teniendo una acción muy efectiva en la extinción del fuego. El concentrado es un derivado fluorado que se agrega al agua en una concentración de 6% para formar el "agua liviana".

### III.8.1 DISTRIBUCION Y CALCULO DE REDES HIDRAULICAS

No importa el tipo de incendio que se presente, para combatir lo se va a requerir agua, ya sea en la extinción, o bien, para proteger instalaciones y vidas. El agua es el agente extintor más extensamente usado, dado las características que presenta, como son su asequibilidad debida a lo ampliamente difundida que se encuentra en la naturaleza, teniendo como consecuencia su bajo costo; puede soportar temperaturas superiores a 3500°C sin presentar más que una ligera tendencia a la disociación; tiene la propiedad de absorber una gran cantidad de calor. Por todas estas propiedades, el agua resulta un magnífico agente extintor.

Las consideraciones previas al diseño de una red hidráulica son:

- a) Naturaleza del proyecto.
- b) Sustancias que se van a manejar (materias primas, productos intermedios, productos finales).
- c) Fuente o fuentes de abastecimiento de agua.
- d) Tipos de estructura o edificios que van a construirse.
- e) Auxilio externo para el combate de incendios, incluyendo los equipos asequibles.

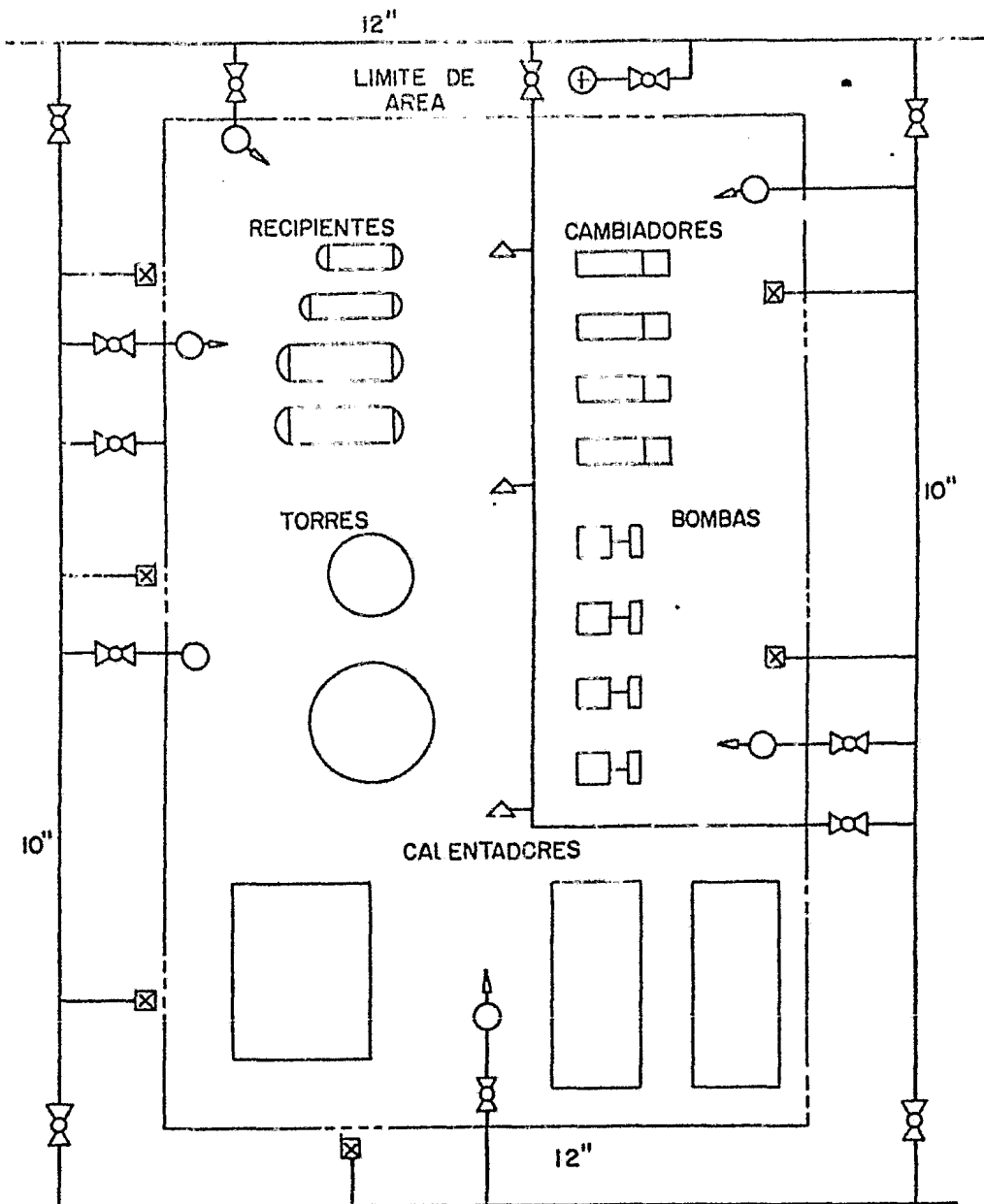
El diseño de redes hidráulicas para la industria que maneja hidrocarburos requiere consideraciones de varios factores importantes. Los requerimientos del sistema hidráulico y también la selección de bombas, distribución de la red deben ser establecidos.

Una planta para proceso de hidrocarburos consiste en grupos de unidades de proceso cercanas y áreas adyacentes de tanques de almacenamiento para la materia prima, los productos intermedios y los finales.

Muchos incendios son resultado de explosiones dentro de las unidades de proceso. De estas explosiones, los despojos que proyectan, frecuentemente causan fuegos secundarios en los tanques de almacenamiento adyacente. El establecer correctamente los requerimientos de agua es fundamental para un buen diseño contra incendio.

Una unidad de proceso típica se deberá de proteger por medio de aspersores fijos y monitores, además de carretes de mangueras e hidrantes como refuerzo (Fig. 14 ).

Los monitores (Fig. 15 ) son boquillas que pueden dirigirse



- ⊗ VALVULA DE SECCIONAMIENTO CON POSTE INDICADOR
- MONITOR
- ⊠ HIDRANTE
- △ CARRETE CON MANGUERA
- ⊕ SISTEMA FIJO DE ASPERSORES

FIG 14

# DETALLE DE HIDRANTE

DE DOS TOMAS CON MONITOR

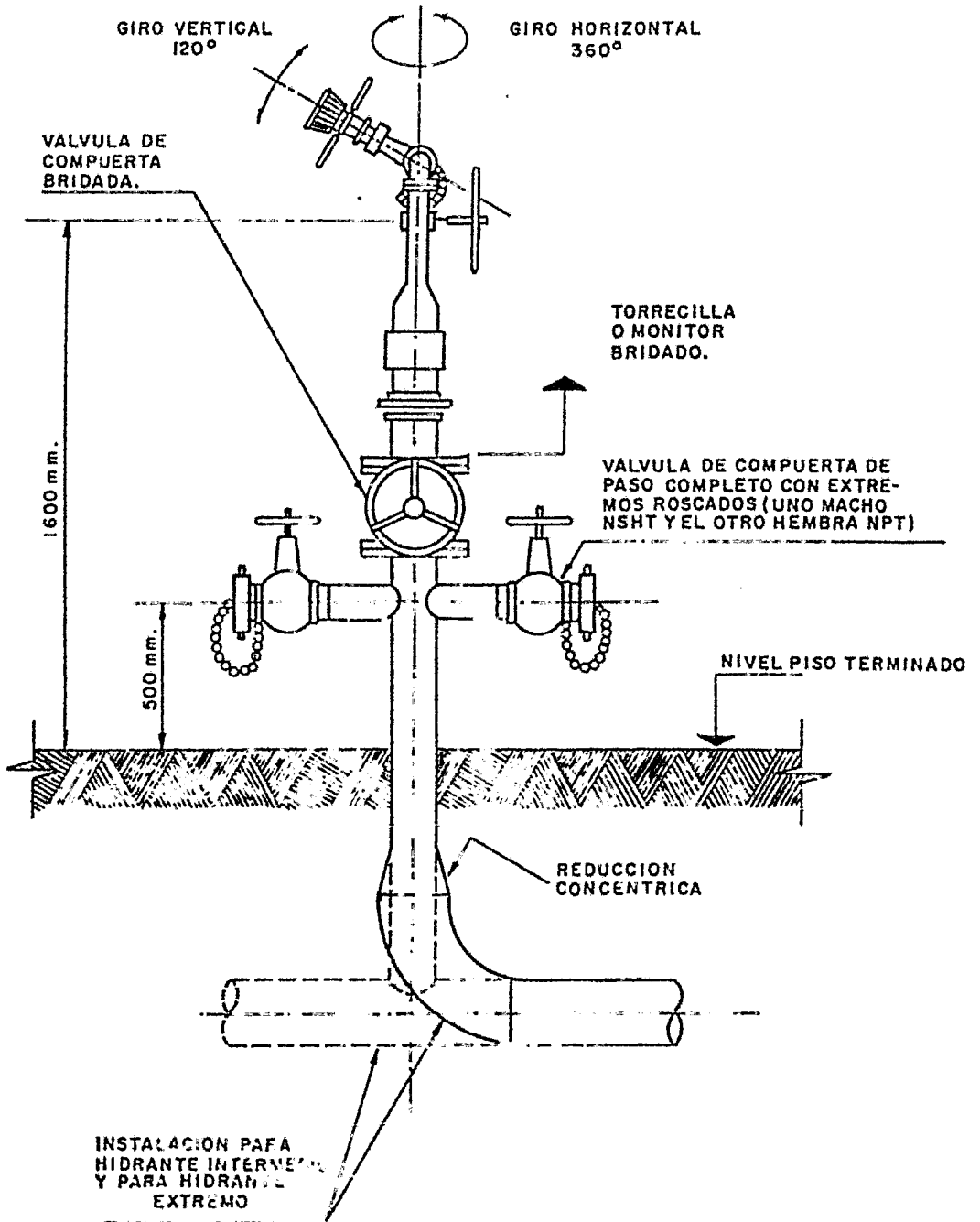


FIG 15

hacia un riesgo en particular. Se les emplea comunmente para proteger equipos específicos y pueden proporcionar densidades de agua similares a las de los aspersores.

Los sistemas de aspersores se emplean cuando los riesgos de incendio son tan elevados que requieren una aplicación inmediata de agua, sin depender de la reacción humana, como son los receptáculos de hidrocarburos volátiles, etc.

Los hidrantes (salidas para mangueras) (Fig.15) y mangueras son también indispensables como respaldo para combate de incendios. Los hidrantes deben localizarse rodeando la planta y a una distancia no mayor de 50 m de tal forma que una emergencia, en cualquier lugar de la planta, pueda ser combatida cuando menos por dos direcciones distintas. Los gastos para cada manguera de contra incendio de 2½ pulgadas de diámetro es de aproximadamente 250 gpm a 100 lb/pg<sup>2</sup>.

El aspecto principal del abastecimiento de agua, radica en que garantice suministrar una cantidad de agua apropiada a los riesgos a combatir.

En el caso de instalaciones para proceso de hidrocarburos, el almacenamiento debe ser suficiente para que la bomba o bombas operen durante cinco horas con el gasto máximo provisible. (Puede emplearse agua de las torres de enfriamiento o de las plantas de tratamiento de agua, etc.)

Para alimentar la red de agua contra incendio se instalarán bombas cuyo impulsor tenga una característica tal que cuando el gasto sea cero, la presión desarrollada sea del 120% de la carga total requerida, tratándose de bombas horizontales. Para bombas de turbina vertical la presión desarrollada debe ser del 140%.

La presión de descarga de las bombas, deberá ser la necesaria

en la red, pero en ningún caso será menor que la indicada en las normas de seguridad.

La capacidad de las bombas deberá ser tal que permita mantener los gastos y presiones necesarias incluso en el caso de que se tengan abiertos los hidrantes adecuados para sofocar el incendio más grande, de acuerdo con los riesgos existentes. Esta capacidad va a depender del número de hidrantes o tomas alimentados simultáneamente, como se indica a continuación.

CAPACIDAD	GPM	500	750	1000	1250	1500	2000	2500
Número de tomas para mangueras de	2½	2	3	4	5	6	6	8
	1½	6	9	12	15	18	18	24

En las instalaciones de proceso y en sus áreas de almacenamiento, se debe procurar que la red de agua contra incendio, forme anillos que contengan 12 hidrantes como máximo, se deberán instalar válvulas de seccionamiento en lugares adecuados que permitan aislar secciones del sistema de tubería cuando haya necesidad de efectuar reparaciones o ampliaciones. Cuando existe más de una fuente de suministro se instalará válvula de seccionamiento en cada fuente.

Para evitar daños por asentamiento, la tubería no debe pasar bajo construcciones o bodegas y cuando pase bajo vías de ferrocarril se enterrará a una profundidad de 1.30 m. La profundidad debe ser medida de la parte superior del tubo al nivel del piso terminado.

Toda la tubería contra incendio que se tienda sin enterrar, deberá cubrirse con pintura anticorrosiva, y de color rojo.

Es conveniente limpiar periódicamente la red de tuberías para

agua de servicio contra incendio con objeto de eliminar las incrustaciones y depósitos interiores. La limpieza puede hacerse por medios mecánicos y químicos.

Todas las válvulas pueden ser de compuerta con vástago saliente o de apertura rápida.

Las válvulas de seccionamiento deberán tener claramente marcada la sección o porción de la red contra incendio que ponen fuera de servicio al estar cerradas.

#### CALCULO DE REDES DE AGUA PARA CONTRA INCENDIO

El cálculo de redes de tubería para agua para el servicio de Contra Incendio, se basa, como todo flujo de fluidos en el Teorema de Bernoulli; y en las ecuaciones de flujo de líquidos.

$$Z_1 + \frac{144 P_1}{\rho_1} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{144 P_2}{\rho_2} + \frac{V_2^2}{2g} + h_L$$

Donde:

$Z_1$  = Altura del punto 1 (pies)

$Z_2$  = Altura del punto 2 (pies)

$P_1$  = Presión en el punto 1 (lb/pg<sup>2</sup>)

$P_2$  = Presión en el punto 2 (lb/pg<sup>2</sup>)

$V_1$  = Velocidad en el punto 1 (pies/seg)

$V_2$  = Velocidad en el punto 2 (pies/seg)

$\rho_1$  = Densidad del fluido en el punto 1 (lb/pie<sup>3</sup>)

$\rho_2$  = Densidad del fluido en el punto 2 (lb/pie<sup>3</sup>)

$h_L$  = Pérdida de carga (pérdidas de presión por fricción)



Los criterios de cálculo para aplicar la fórmula utilizada (Fórmula de Hazen y Williams) en el cálculo de redes hidráulicas son:

- a) La presión disponible en la toma localizada en las condiciones más desfavorables, debe ser adecuada a los riesgos a proteger ( $100 \text{ lb/pg}^2$ ).
- b) La velocidad del agua en la tubería no deberá ser mayor de nueve pies/seg. para evitar caídas excesivas de presión.
- c) El gasto proporcionado deberá ser suficiente para alimentar los hidrantes y/o monitores que deban emplearse simultáneamente más un 30% de exceso para absorber fugas o conexiones adicionales.

Para el diseño se puede emplear las ecuaciones de flujo desarrolladas para todo tipo de líquido, pero para facilitar el cálculo se puede utilizar las tablas y nomogramas que en el siguiente ejercicio se presentan:

En el nomograma 1 con el gasto, densidad y viscosidad se obtiene el Número de Reynolds, y con este el factor de fricción "f".

En el nomograma 2 se determina la caída de presión en 100 ft de tubería recta por medio del factor de fricción "f", la densidad, el gasto y el diámetro del tubo.

En el nomograma 3 se obtiene la velocidad o el diámetro del tubo con el gasto y la densidad.

Ejemplo:

En una industria para procesar hidrocarburos se ha encontrado que la planta que requiere mayor cantidad de agua en caso de un incendio tiene un circuito de hidrantes como se muestra en la siguiente figura.

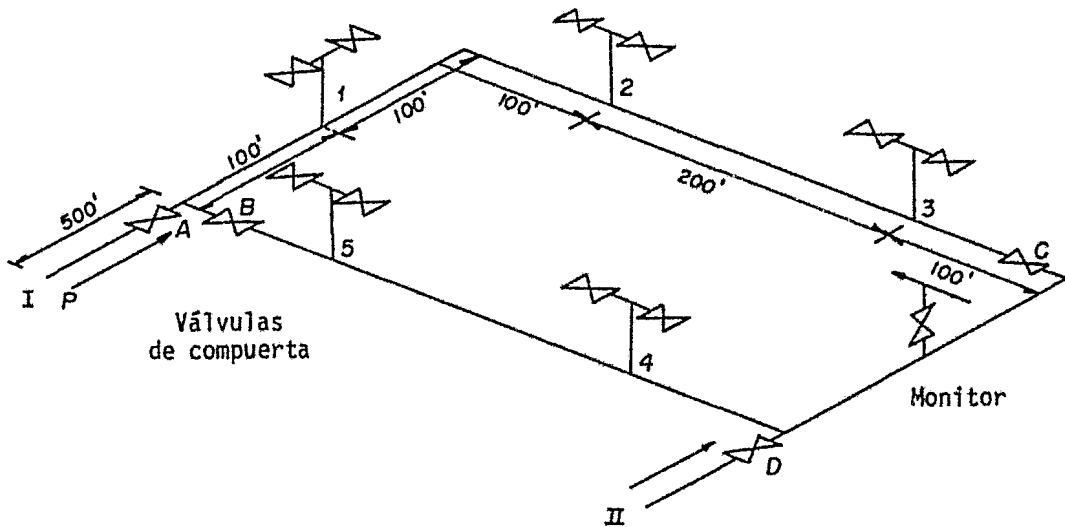


Fig. 16

Este circuito está alimentado por la línea I y la línea II y está constituida por cinco hidrantes de dos bocas de 2 1/2 cada una y un monitor.

Supóngase que en caso de una emergencia en la planta que proteje el circuito, para el mayor riesgo se tendrá que emplear los hidrantes 3, 4 y además el monitor.

Para los fines de este ejemplo, se calculará la presión nece-

saría en el punto "P". Como el cálculo del sistema se hace en las peores condiciones, pensemos que en este caso, sólo está operando la línea I y en la línea II se encuentra cerrada la válvula D.

El primer paso para el cálculo, consiste en determinar los gastos bajo las condiciones de diseño tomando en cuenta el 30% de exceso en la siguiente forma:

Hidrante 3 (con las dos válvulas abiertas)	=	$500 + (500 \times 0.3)$	=	650 gpm
Hidrante 4 (con las dos válvulas abiertas)	=	$500 + (500 \times 0.3)$	=	650 gpm
Monitor Boquilla de 500 gpm		<u><math>= 500 + (500 \times 0.3)</math></u>	=	<u>650 gpm</u>
		T O T A L		1950 gpm

Si se observa el esquema del circuito, se notará que bajo las circunstancias que supone el problema, el monitor es el que se encontrará en las condiciones más desfavorables y a partir de este punto se procede a calcular la red.

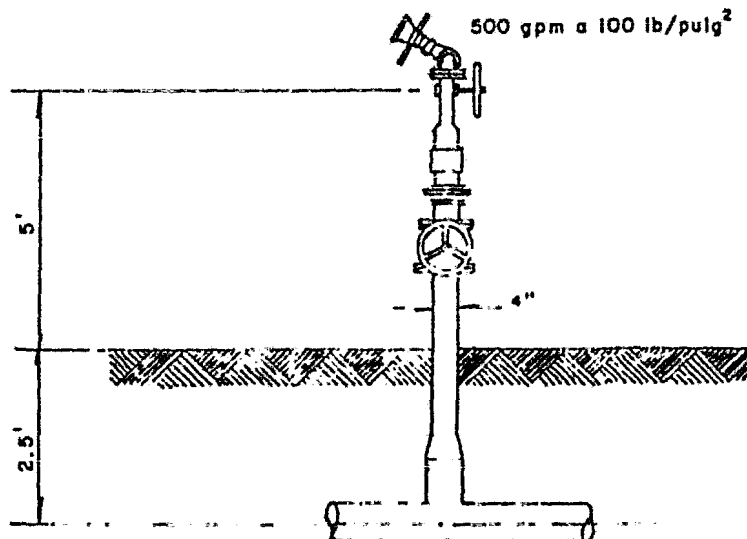


FIG 17

El monitor va a necesitar una presión de  $100 \text{ lb/pg}^2$  en la boquilla y un gasto de 650 gpm.

De la tabla ( 6 ) con la temperatura de  $70^\circ\text{F}$  ( $20^\circ\text{C}$ ) que es la temperatura del agua a condiciones ambiente se obtiene la densidad del agua:

$$\rho = 62.27 \text{ lb/ft}^3$$

En la gráfica ( 1 ) se obtiene la viscosidad del agua a  $70^\circ\text{F}$ ,  $\mu = 1.0$  centipoise.

Así, se tiene como datos.

$$Q = 650 \text{ gpm}$$

$$\rho = 62.27 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 1.0 \text{ centipoise}$$

$$d = 4" \text{ (ced. 40)}$$

Con estos datos, en el nomograma No. 1 se obtiene  $f = 0.017$

Con estos datos, en el nomograma No. 2 se obtiene  $\Delta P_{100} = 8.75 \text{ lb/pg}^2$ .

La longitud del tubo de 4" es de 7.5 ft, pero además hay una válvula de compuertas y la longitud equivalente de ésta se calcula por medio de la tabla ( 7 ) en la siguiente forma.

Válvula de compuerta totalmente abierta  $L/D = 13$

Diámetro tubo de 4" en ft = 0.3355

Longitud equivalente de la válvula =  $D(L/D) = 0.3355 \times 13 = 4.36 \text{ ft}$ .

Longitud total = Longitud tubo + Longitud equivalente de la válvula.

$$\text{Longitud total} = 7.5 + 4.36 = 11.86 \text{ ft} \doteq 12 \text{ ft}$$

$$\text{Caída de presión} = \Delta P_{100} \times \frac{\text{Longitud total}}{100} = \frac{8.75 \times 12}{100} = 1.05 \doteq 1 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\Delta P_m = 1 \text{ lb/pg}^2$$

Con la caída de presión en el monitor, se puede pasar a calcular el circuito. En primer lugar se tiene que la distribución de gastos es como se muestra en el esquema, ya que en este caso son simétricos los hidrantes que se operan. En caso de que no ocurra esto se hace la misma consideración, ya que se efectúan los cálculos del lado de la mayor longitud y al tomar el mayor gasto se da un margen de seguridad.

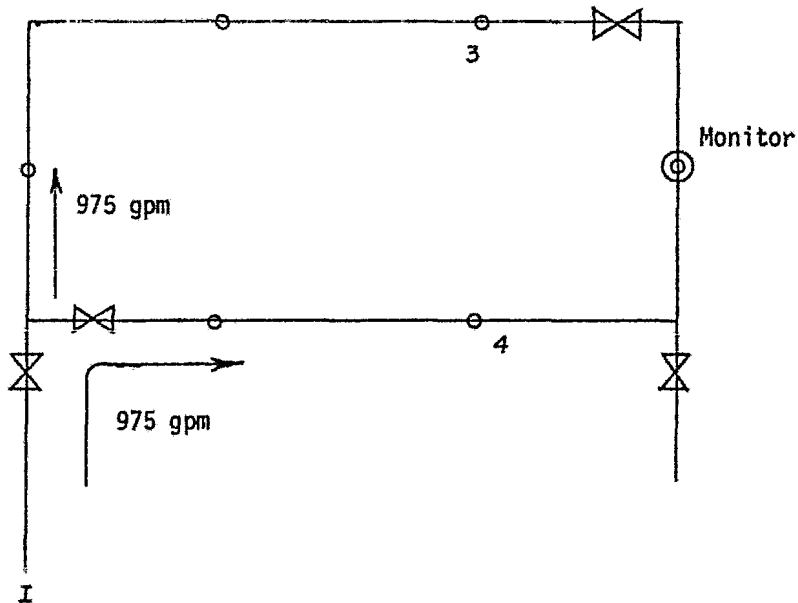


Fig. 18

Para elegir el diámetro de tubería del circuito se usará el nomograma No. 3 para determinar la velocidad con un gasto  $Q = 975$  gpm., teniendo como datos  $v = 10$  ft/seg. (Criterio de cálculo)

Se notará que hay dos posibilidades:

- a) Con 6" de diámetro la velocidad sería  $v = 11$  ft/seg.
- b) Con 8" de diámetro la velocidad sería  $v = 6.25$  ft/seg.

La elección en este caso debe estar orientada desde el punto de vista económico, y para fines de este ejemplo se seleccionará 6" ya que el circuito es pequeño; aún cuando se esté ligeramente fuera del criterio de cálculo.

El cálculo de la caída de presión en el circuito se hará por el camino más largo que va a seguir el agua como se muestra en la siguiente Fig. 19

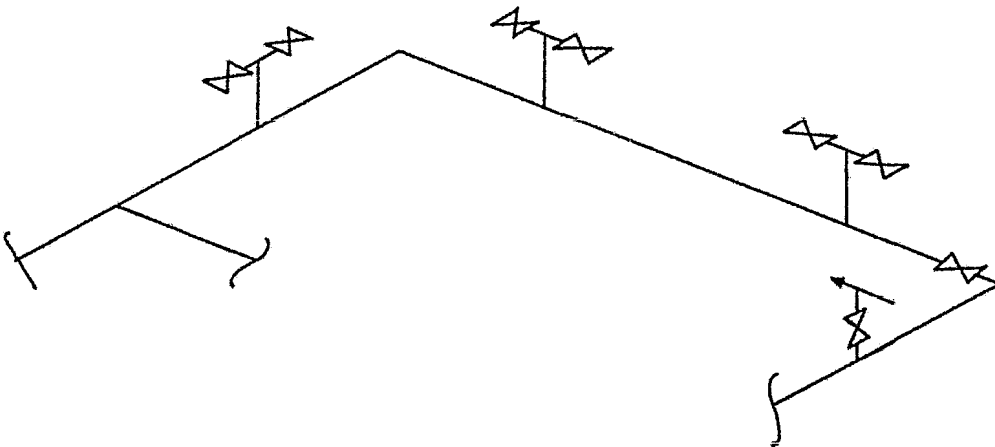


Fig. 19

La longitud de tubería es:  $L_{Tub} = 700$

Los accesorios que recorrerá será: 2 codos y una válvula de compuerta totalmente abierta, por lo que la longitud equivalente será:

Codos  $L/D = 30$  (Tabla 7 )  $2 \text{ codos} = 30 \times 2 = 60$

V  $L/D = 13$  (Tabla 7 )  $1V = 13 \times 1 = \frac{13}{73}$

Diámetro tubo 6" en ft = 0.5054 ft (Tabla 8 )

$L_E = (L/D) D = 73 \times 0.5054 = 36.9$

Longitud total =  $L_{Tubo \text{ circuito}} + L_{E \text{ Accesorios}} = 700 + 36.9 = 736.9$

Para calcular la caída de presión se comenzará utilizando el nomograma No. 1 con los datos siguientes para el agua. (Se obtiene en las tablas como se hizo con el monitor):

$Q = 975 \text{ gpm}$

$\rho = 62.27 \text{ lb/ft}^3$

$\mu = 1.0 \text{ centipoise}$

$d = 6" \text{ (Diámetro Nominal)}$

Se obtiene  $f = 0.016$

En el nomograma No. 2 con estos mismos datos se obtiene

$\Delta P_{100} = 2.5$

La caída de presión ( $P_c$ ) en el circuito =  $\frac{\text{Long. Total} \times \Delta P_{100}}{100}$

$$\Delta P_c = \frac{736.9 \times 2.5}{100} = 18.4 \text{ lb/pulg}$$

La última parte del circuito que falta calcular es la línea de alimentación I (de la T al punto "P").

El gasto será ahora de  $Q = 975 \times 2 = 1950 \text{ gpm}$ .

Se empleará de nuevo el nomograma No. 3 para determinar el nuevo diámetro utilizando el criterio de velocidad máxima  $v = 9 \text{ ft/seg}$ . y se obtiene:

$$d = 10" \quad v = 8 \text{ ft/seg}$$

La longitud tubo  $L_{\text{Tubo}} = 500'$

Los accesorios son una "T" y una válvula totalmente abierta, por lo que la longitud equivalente ( $L_E$ ) será:

$$\begin{array}{rcl} T \ L/D = 60 & 1T = 60 \times 1 & = 60 \\ V \ L/D = 13 & 1V = 13 \times 1 & = \underline{13} \\ & & 73 \end{array}$$

Diámetro de tubo 10" en ft = 0.8350 ft

$$L_{E \text{ Accesorios}} = (L/D) D = 73 \times 0.8350 = 60.9 \text{ ft}$$

$$L_T = L_{\text{Tubo}} + L_{E \text{ Accesorios}} = 500 + 60.9$$

Longitud total = 560.9 ft

Se pasa al nomograma No. 1 para iniciar el cálculo de la caída de presión, con los siguientes datos:



$$Q = 1950 \text{ gpm}$$

$$P = 62.27 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 1.0 \text{ centipoise}$$

$$d = 10" \text{ (Diámetro Nominal)}$$

Se obtiene  $f = 0.015$

En el nomograma No. 2 con estos mismos datos se obtiene  $\Delta P = 0.7 \text{ lb/pg}^2$ .

$$\text{Caída de presión en la línea } \Delta P_L = \frac{560.9 \times 0.7}{100} = 3.9 \text{ lb/pulg}^2$$

Por último se calculará la caída de presión total ( $P_T$ ) en el sistema:

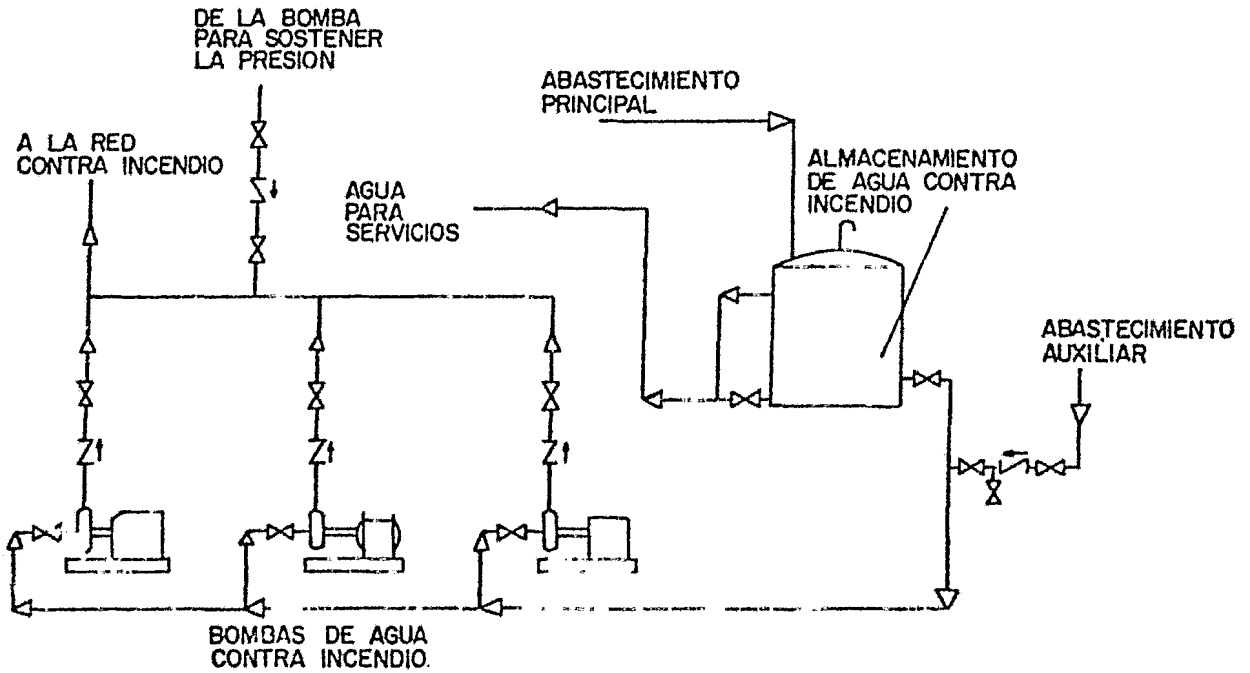
$$\Delta P_T = P_m + P_c + P_L = 1.0 + 18.4 + 3.9 = 23.3 \text{ lb/pulg}^2$$

Ahora bien, con la  $P_T$  se sabe cuanta presión se pierde del punto "P" al monitor; si en la boquilla del monitor se requiere una presión (P) de  $100 \text{ lb/pulg}^2$  la presión en el punto "P" ( $P_p$ ) será:

$$P_p = P_m + \Delta P_T = 100 + 23.3 = 123.3 \text{ lb/pulg}^2$$

Si en el punto "P" se instala la bomba contra incendio, ésta deberá estar diseñada para dar  $2000 \text{ gpm. a } 130 \text{ lb/pulg}^2$  o lo más cercano a estas características que haya en el mercado.

A continuación se muestra un sistema de bombeo, integrado por tres bombas y sistema de abastecimiento. FIG 20



CLAVE



VALVULA NORMALMENTE CERRADA



VALVULA DE RETENCION ( CHECK )

FIG. 20

Al atacar un incendio en plantas, casas de compresoras, bombas, etc. lo primero es evitar que el fuego se extienda. Se empleará los equipos anteriormente descritos a fin de no permitir que el incendio llegue a otras áreas. Una vez logrado esto, se podrá idear con relativa calma la táctica adecuada para extinguir el fuego; este aspecto requiere, además de

los conocimientos antes explicados, tener en cuenta muchos factores tales como: el proceso que se lleva a cabo en la planta, equipo afectado, material de que está construido éste, sustancias que maneja, condiciones de operación, condiciones a que está sujeto durante la emergencia, condiciones del terreno, condiciones climatológicas, número de personas que combatirán el fuego; equipo contra incendio disponible, etc.

En muchos casos el extinguir un incendio declarado puede crear peligros mayores, como es la posibilidad de una explosión o causar algún daño al equipo incendiado durante la extinción (como es el caso de un enfriamiento brusco de agua) que haga necesario cambiarlo totalmente para poner en operación a la planta.

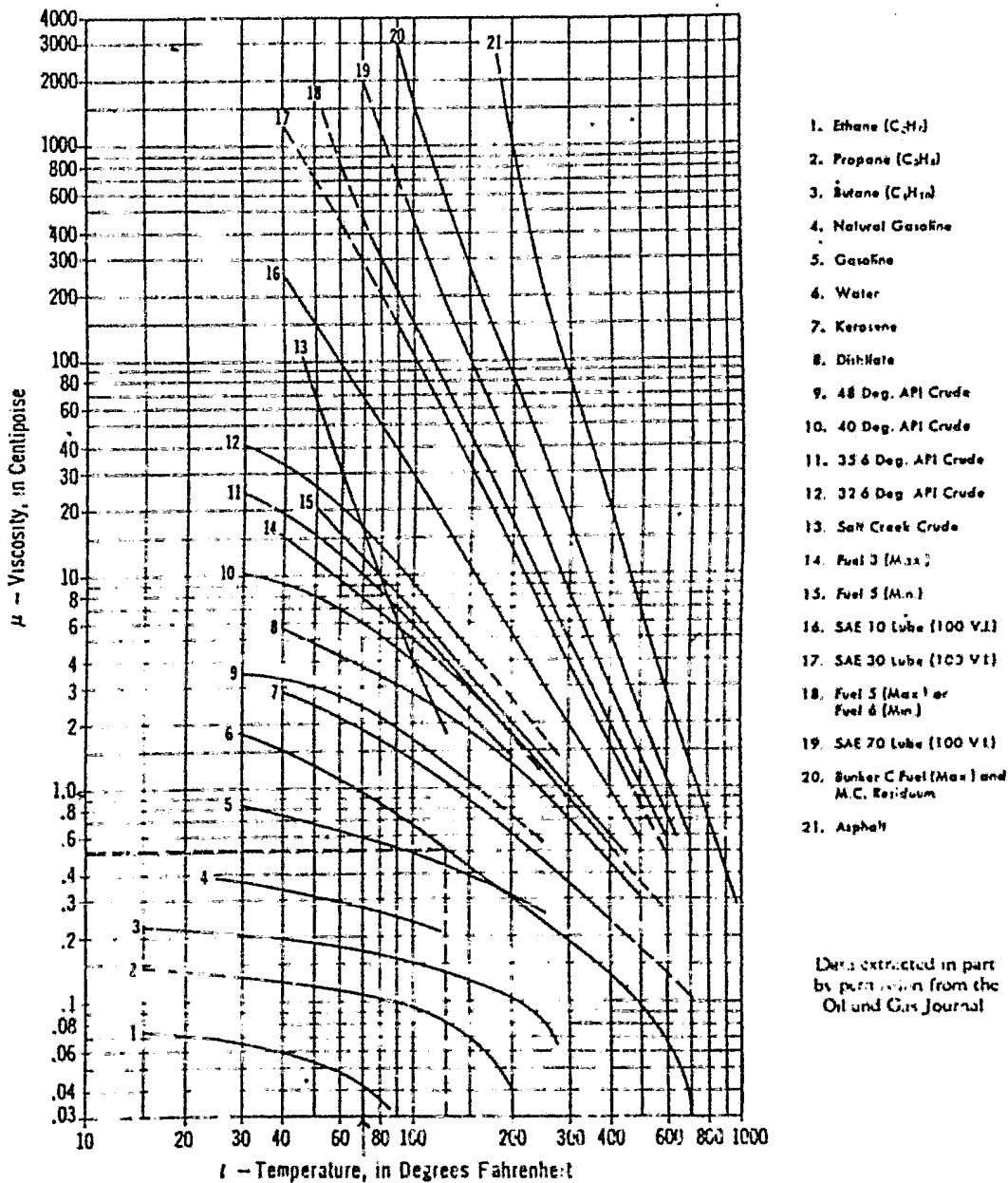
Así que se debe recordar, que en los incendios lo primero es aislarlos y controlarlos, posteriormente se procede a la extinción, después de tomar en cuenta todos los factores necesarios para hacerlo en forma segura y con un mínimo de daños para la planta.

TABLA 6 . PROPIEDADES FISICAS DEL AGUA

Temperatura del agua t Grados Fahrenheit	Presión de Saturación Ps lb/pg <sup>2</sup> abs	Volumen Específico v pie <sup>3</sup> /lb	Peso Específico lb/pie <sup>3</sup>	Peso lb/gal
32	.08854	.01602	62.42	8.345
40	.12170	.01602	62.42	8.345
50	.17811	.01603	62.38	8.340
60	.2563	.01604	63.34	8.334
70	.3631	.01606	62.27	8.325
80	.5069	.01608	62.19	8.314
90	.6982	.01610	62.11	8.303
100	.9492	.01613	62.00	8.289
110	1.2748	.01617	61.84	8.267
120	1.6924	.01620	61.73	8.253
130	2.2225	.01625	61.54	8.227
140	2.8886	.01629	61.39	8.207
150	3.718	.01634	61.20	8.182
160	4.741	.01639	61.01	8.156
170	5.992	.01645	60.79	8.127
180	7.510	.01651	60.57	8.098
190	9.339	.01657	60.35	8.068
200	11.526	.01663	60.13	8.039
210	14.123	.01670	59.88	8.005
212	14.696	.01672	59.81	7.996
220	17.186	.01677	59.63	7.972
240	24.969	.01692	59.10	7.901
260	35.429	.01709	58.51	7.822
280	49.203	.01726	57.94	7.746
300	67.013	.01745	57.31	7.662
350	134.63	.01799	55.59	7.432
400	247.31	.01864	53.65	7.172
450	422.6	.0194	51.55	6.892
500	680.8	.0204	49.02	6.553
550	1045.2	.0218	45.87	6.132
600	1542.9	.0236	42.37	5.664
700	3093.7	.0369	27.10	3.623

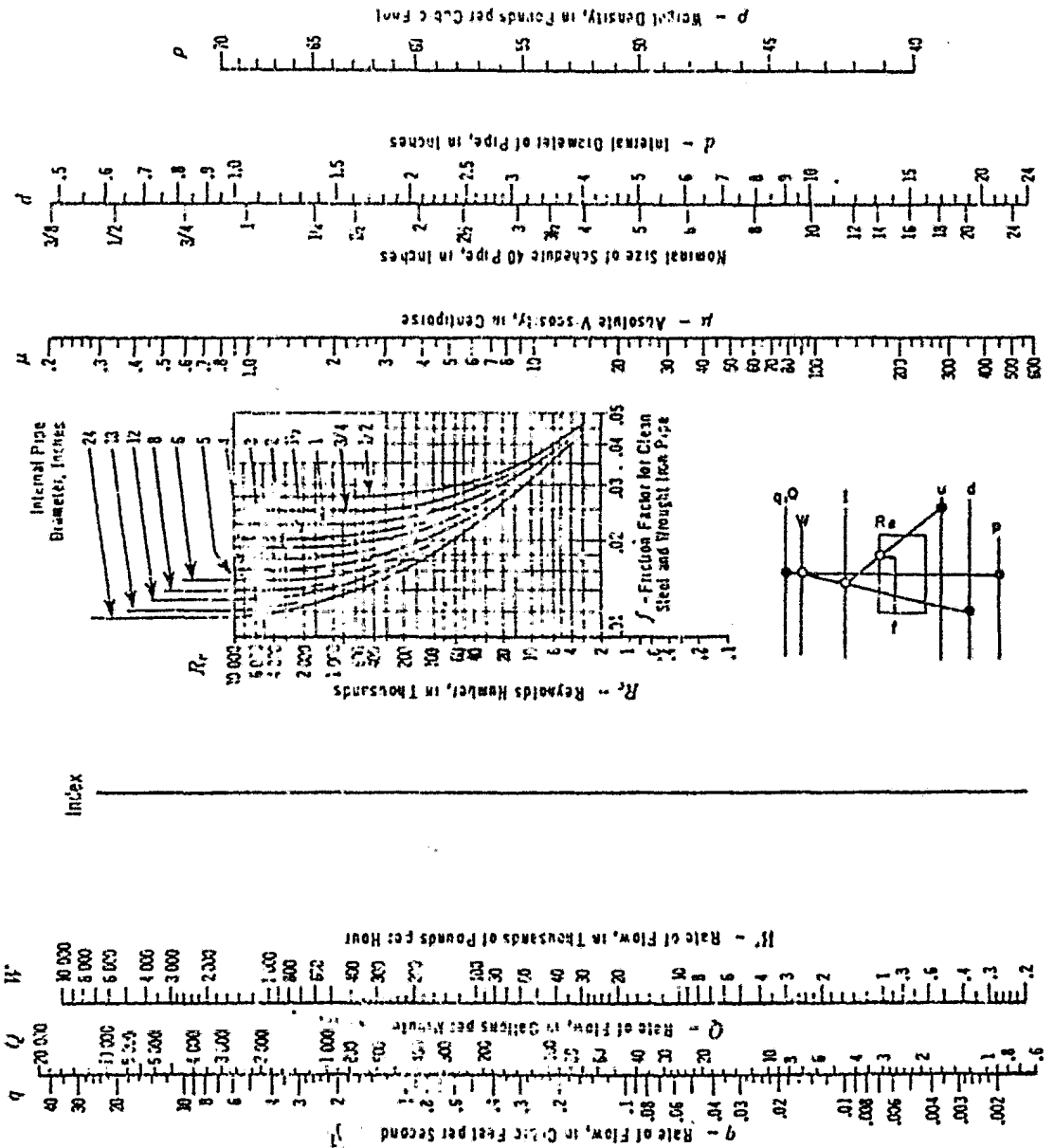
Densidad relativa del agua a 60 °F = 1.0

El peso por galón se basa en 7.48 galones por pie cúbico

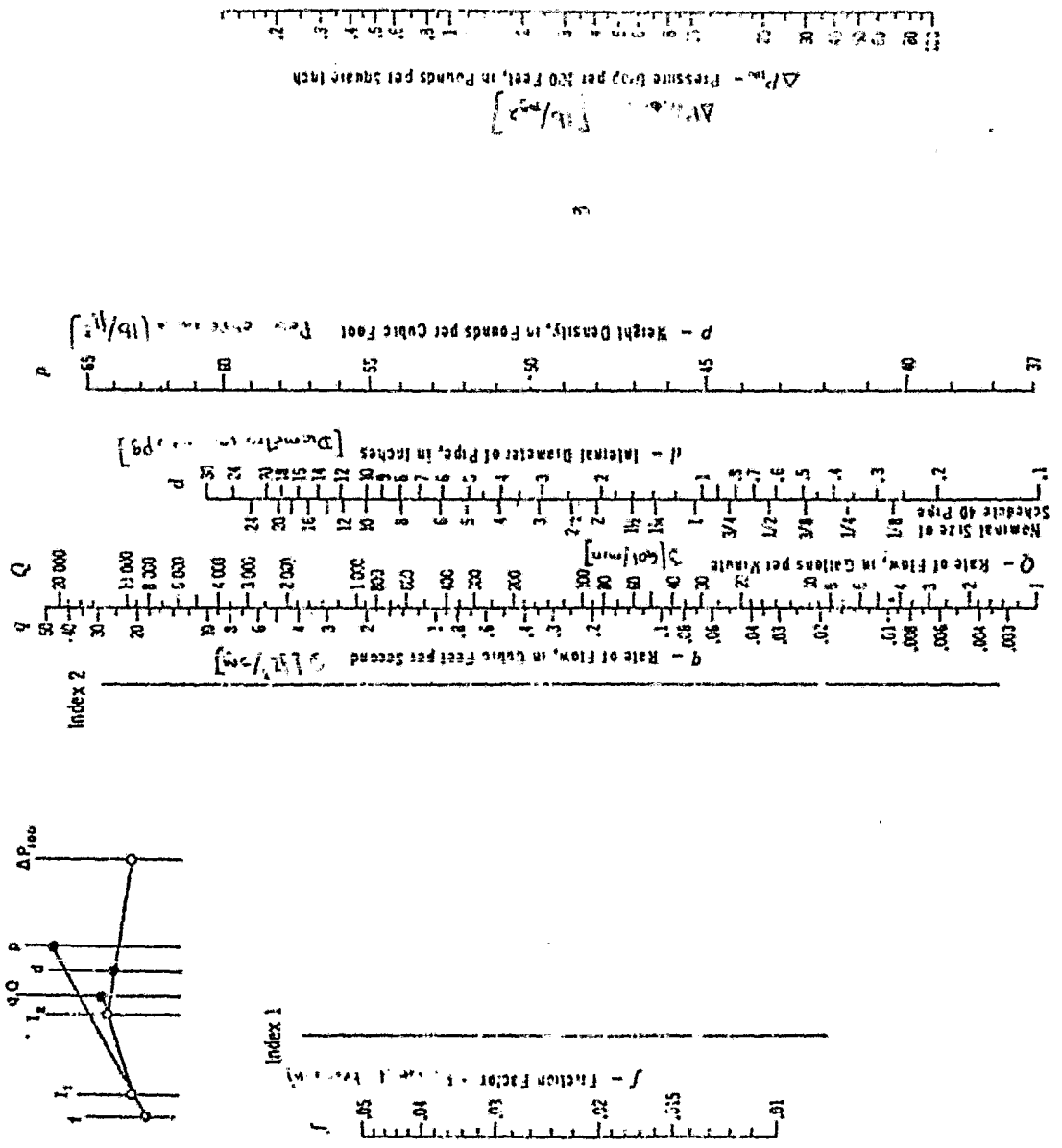


Graf. 1 VISCOSIDAD DEL AGUA Y PRODUCTOS LIQUIDOS DEL PETROLEO

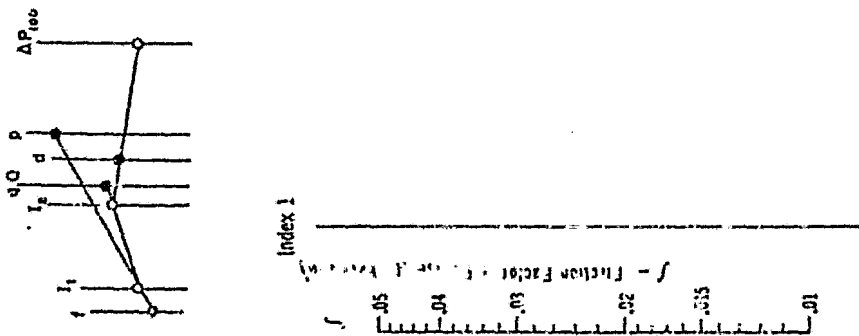
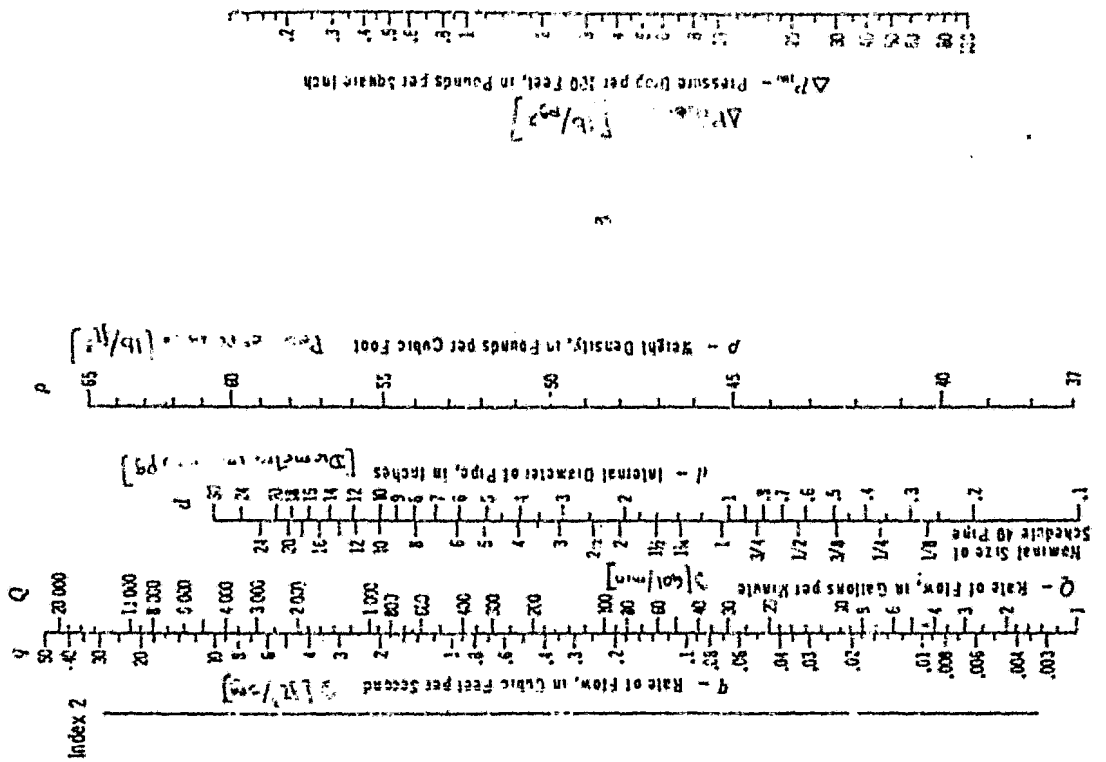
NOMOGRAMA 1 NUMERO DE REYNOLDS PARA FLUJO LIQUIDO FACTOR DE FRICCION PARA ACERO LIMPIO Y TUBERIA DE HIERRO DULCE



NOMOGRAMA 2. CAIDAS DE PRESION EN LINEAS DE TRANSPORTE DE LIQUIDO PARA FLUJO TURBULENTO.

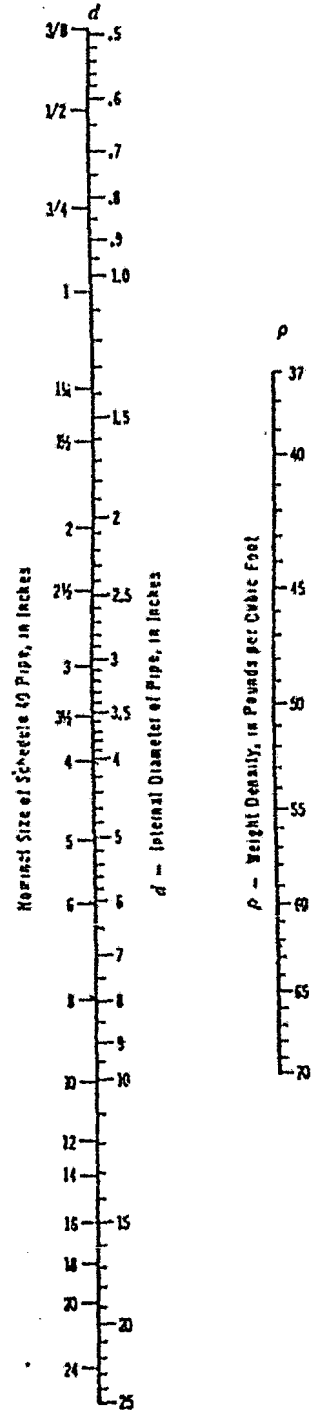
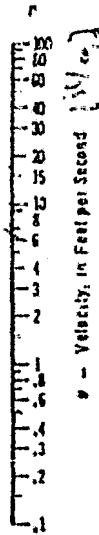
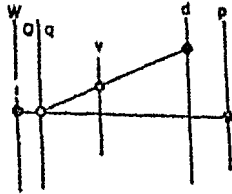
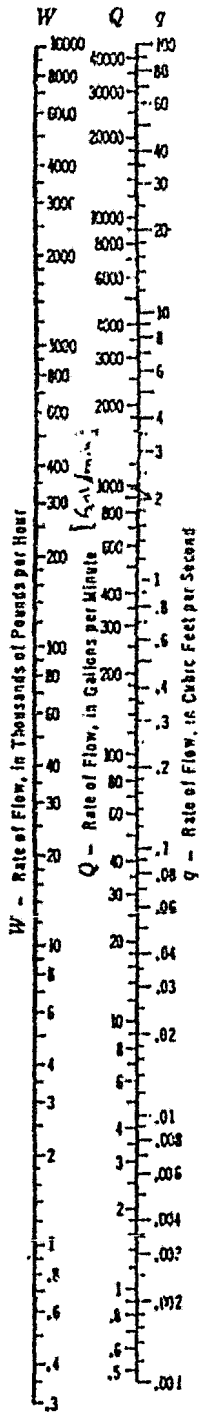


NOMOGRAMA 2. CAIDAS DE PRESION EN LINEAS DE TRANSPORTE DE LIQUIDO PARA FLUJO TURBULENTO.





NOMOGRAMA 3. VELOCIDAD DE LIQUIDOS EN TUBERIAS.



## Schedule (Thickness) of Steel Pipe Used in Obtaining Resistance Of Valves and Fittings of Various Pressure Classes by Test\*

Valve or Fitting ASA Pressure Classification (Steam Rating)	Schedule No. of Pipe (Thickness)
250-Pound and Lower	Schedule 40
300-Pound to 600-Pound	Schedule 80
900-Pound	Schedule 120
1500-Pound	Schedule 160
2500-Pound	Sizes 1/2 to 6-inch Sizes 8-inch and larger
	xx (Double Extra Strong) Schedule 160

\*These schedule numbers have been arbitrarily selected only for the purpose of identifying the various pressure classes of valves and fittings with specific pipe dimensions for the interpretation of flow test data; they should not be construed as a recommendation for installation purposes.

### Representative Equivalent Length<sup>1</sup> in Pipe Diameters (L/D) Of Various Valves and Fittings

Description of Product <sup>2</sup>			Equivalent Length in Pipe Diameters (L/D)	
Globe Valves	Stem Perpendicular to Run	With no obstruction in flat, bevel, or plug type seat	Fully open	340
		With wing or pin guided disc	Fully open	450
	Y-Pattern	(No obstruction in flat, bevel, or plug type seat)		
		- With stem 60 degrees from run of pipe line - With stem 45 degrees from run of pipe line	Fully open Fully open	175 145
Angle Valves	With no obstruction in flat, bevel, or plug type seat	With wing or pin guided disc	Fully open	145
		With wing or pin guided disc	Fully open	200
Gate Valves	Wedge, Disc, Double Disc, or Plug Disc		Fully open	13
			Three-quarters open	35
			One-half open	160
			One-quarter open	900
	Pulp Stock		Fully open	17
		Three-quarters open	50	
		One-half open	260	
		One-quarter open	1300	
Check Valves	Conduit Pipe Line		Fully open	3**
	Conventional Swing	0.5†	Fully open	135
	Clearway Swing	0.5†	Fully open	50
	Globe Lift or Stop; Stem Perpendicular to Run or Y-Pattern	2.0†	Fully open	Same as Globe
	Angle Lift or Stop	2.0†	Fully open	Same as Angle
	In-Line Ball	2.5 vertical and 0.25 horizontal†	Fully open	150
Foot Valves with Strainer	With poppet lift-type disc	0.3†	Fully open	420
	With leather bonnet disc	0.4†	Fully open	75
Butterfly Valves 8-inch and larger		Fully open	40	
Cocks	Straight Through	Rectangular plug port area equal to 10% of pipe area	Fully open	18
	Three-Way	Rectangular plug port area equal to 10% of pipe area (fully open)	Flow straight through Flow through branch	44 140
Fittings	90 Degree Standard Elbow			30
	45 Degree Standard Elbow			16
	90 Degree Long Radius Elbow			20
	90 Degree Street Elbow			50
	45 Degree Street Elbow			26
	Square Corner Elbow			57
Standard Tee	With flow through run			20
	With flow through branch			60
Close Pattern Return Bend				50
Pipe	90 Degree Pipe Bends			See Page A-27
	Miter Bends			See Page A-27
	Sudden Enlargements and Contractions			See Page A-26
	Entrance and Exit Losses			See Page A-26

\*\* See page A-26 for length of pipe to be used in determining entrance and exit losses.

† Minimum calculated pressure drop per foot valve to provide sufficient flow to lift disc fully.

‡ For limitation, see page 2-11. For effect of end connections, see page 2-10.

Table 7

# Commercial Wrought Steel Pipe Data

Schedule Wall Thickness—Per ASA B36.10-1950

Nominal Pipe Size	Outside Diameter	Thickness	Inside Diameter		Inside Diameter Functions (in Inches)				Transverse Internal Area		
			D	D <sub>1</sub>	d <sup>2</sup>	d <sup>3</sup>	d <sup>4</sup>	d <sup>5</sup>	a	A	
											inches
Inches	Inches	Inches	Inches	Ferr	d <sup>2</sup>	d <sup>3</sup>	d <sup>4</sup>	d <sup>5</sup>	Sq In	Sq Ft	
Schedule 10	14	0.250	13.5	1.15	182.25	2460.4	33215.	418400.	143.14	0.994	
	16	0.250	15.5	1.21	240.25	3723.9	57720.	894366.	163.69	1.310	
	18	0.250	17.5	1.4573	306.25	5359.4	93789.	1641309.	240.53	1.670	
	20	0.250	19.5	1.625	390.25	7414.9	144590.	2819500.	298.65	2.074	
	24	0.250	23.5	1.978	552.25	12977.	304980.	7167030.	433.74	3.012	
30	0.312	29.376	2.448	862.95	25350.	741288.	21864218.	677.76	4.707		
Schedule 20	8	0.250	8.125	0.6771	66.02	536.38	4359.3	35409.	51.85	0.3601	
	10	0.250	10.25	0.8342	105.66	1076.9	11038.	113141.	82.52	0.5731	
	12	0.250	12.25	1.021	159.06	1838.3	22518.	275855.	117.86	0.8185	
	14	0.312	13.376	1.111	178.92	2393.2	32012.	428185.	140.52	0.9758	
	16	0.312	15.376	1.281	236.42	3635.2	55894.	859442.	185.69	1.290	
Schedule 30	8	0.312	17.376	1.448	301.92	5246.3	91156.	1583978.	237.13	1.647	
	10	0.375	19.250	1.604	370.56	7133.3	137317.	2643352.	291.04	2.021	
	12	0.375	23.25	1.937	540.56	12568.	292205.	6793837.	424.56	2.948	
	14	0.500	29.00	2.417	841.0	24389.	707281.	20511149.	640.52	4.587	
	16	0.277	8.071	0.6726	65.14	515.75	4243.2	34248.	51.16	0.3553	
Schedule 40	10	0.307	10.126	0.8447	102.74	1041.4	10555.	106987.	60.69	0.5603	
	12	0.330	12.09	1.0725	146.17	1767.2	21366.	258304.	114.80	0.7972	
	14	0.375	13.25	1.1042	175.56	2326.2	30921.	408394.	137.88	0.9575	
	16	0.375	15.25	1.2768	232.56	3546.6	54084.	824801.	182.65	1.268	
	18	0.438	17.124	1.4270	293.23	5021.3	85984.	1472397.	230.30	1.599	
Schedule 60	20	0.500	19.00	1.5833	361.00	6859.0	130321.	2476099.	283.53	1.969	
	24	0.562	22.676	1.9663	523.31	11971.	273951.	6264703.	411.00	2.854	
	30	0.625	28.75	2.3958	826.56	21764.	643201.	19642160.	643.18	4.508	
	1/8	0.405	0.065	0.269	0.0234	0.0724	0.0145	0.005242	0.00141	0.057	0.00040
	1/4	0.540	0.085	0.364	0.0303	0.1325	0.0482	0.01756	0.00639	0.104	0.00072
Schedule 80	3/8	0.675	0.091	0.491	0.0411	0.2430	0.1199	0.05905	0.02912	0.191	0.00133
	1/2	0.840	0.109	0.622	0.0518	0.3869	0.2406	0.1497	0.09310	0.334	0.00211
	3/4	1.050	0.113	0.824	0.0687	0.679	0.5595	0.4610	0.3799	0.533	0.00371
	1	1.315	0.133	1.049	0.0874	1.100	1.154	1.210	1.270	0.864	0.00600
	1 1/4	1.660	0.140	1.380	0.1150	1.994	2.628	3.625	5.005	1.495	0.01040
Schedule 100	1 1/2	1.900	0.145	1.610	0.1342	2.592	4.173	6.718	10.62	2.036	0.01414
	2	2.375	0.154	2.067	0.1722	4.272	8.831	18.250	37.72	3.355	0.02330
	2 1/2	2.875	0.203	2.469	0.2057	6.096	15.051	37.161	91.75	4.788	0.03322
	3	3.500	0.216	3.063	0.2557	9.413	28.878	88.605	271.8	7.393	0.05130
	3 1/2	4.000	0.226	3.548	0.2957	12.59	44.663	158.51	562.2	9.846	0.06879
Schedule 120	4	4.500	0.237	4.026	0.3355	16.21	65.256	262.76	1058.	12.730	0.08840
	5	5.563	0.258	5.047	0.4206	25.47	128.56	648.72	3275.	20.006	0.1390
	6	6.625	0.280	6.065	0.5054	36.78	223.10	1352.8	8206.	28.891	0.2006
	8	8.625	0.322	7.981	0.6651	63.70	508.36	4057.7	32380.	50.027	0.3474
	10	10.75	0.365	10.02	0.8330	100.4	1006.0	10080.	101000.	78.855	0.5475
Schedule 160	12	12.75	0.406	11.938	0.9665	142.5	1701.	20306.	242170.	111.93	0.7773
	14	14.0	0.438	13.124	1.0937	172.74	2760.5	29566.	389340.	135.28	0.9394
	16	16.0	0.500	15.000	1.250	225.0	3375.0	50625.	759375.	176.72	1.2271
	18	18.0	0.562	16.875	1.4063	291.8	4806.3	81111.	1368820.	223.68	1.5533
	20	20.0	0.593	18.814	1.5678	354.0	6659.5	125320.	235744.	278.00	1.9305
Schedule 200	24	24.0	0.687	22.626	1.8355	511.9	11883.	262040.	5929784.	401.67	2.7921
	8	8.625	0.406	7.813	0.6111	61.04	476.93	3725.9	29113.	47.94	0.3329
	10	10.75	0.500	9.750	0.8125	95.06	926.86	9016.4	88110.	74.66	0.5185
	12	12.75	0.562	11.626	0.9588	135.16	1571.4	18268.	212399.	106.16	0.7372
	14	14.0	0.593	12.814	1.0578	164.20	2104.0	26962.	345480.	126.60	0.8956
Schedule 240	16	16.0	0.650	14.658	1.2240	215.74	3168.8	46544.	683618.	169.44	1.1766
	18	18.0	0.750	16.500	1.375	272.25	4492.1	74120.	1222982.	213.83	1.4849
	20	20.0	0.812	18.376	1.5313	337.68	6305.2	114028.	2095342.	265.21	1.8417
	24	24.0	0.968	22.064	1.8397	436.82	10741.	236994.	5229036.	352.35	2.6552
	Schedule 360	1/8	0.405	0.075	0.215	0.0179	0.0462	0.0074	0.002134	0.000459	0.036
1/4		0.540	0.119	0.302	0.0252	0.0912	0.0275	0.008317	0.002513	0.072	0.00050
3/8		0.675	0.126	0.423	0.0333	0.1789	0.0757	0.03260	0.01354	0.141	0.00098
1/2		0.840	0.147	0.546	0.0455	0.2481	0.1628	0.09866	0.04852	0.214	0.00163
3/4		1.050	0.154	0.742	0.0613	0.5506	0.4085	0.3032	0.2249	0.403	0.00300
Schedule 480	1	1.315	0.179	0.957	0.0797	0.9153	0.8765	0.8307	0.8027	0.719	0.00499
	1 1/4	1.660	0.191	1.273	0.1061	1.633	2.57	2.667	3.479	1.253	0.00891

(Continued on the next page)

Tabla 8

## Commercial Wrought Steel Pipe Data

Schedule Wall Thickness—Per ASA B36.10-1980

Nominal Pipe Size Inches	Outside Diameter Inches	Thickness Inches	Inside Diameter		Inside Diameter Functions (In Inches)				Transverse Internal Area	
			<i>d</i>	<i>D</i>	<i>d</i> <sup>2</sup>	<i>d</i> <sup>3</sup>	<i>d</i> <sup>4</sup>	<i>d</i> <sup>5</sup>	<i>A</i> Sq In	<i>A</i> Sq Ft
			Inches	Feet						
Schedule 80—cont.										
1 1/2	1.900	0.190	1.520	0.1160	2.100	3.378	6.062	7.224	1.767	0.01325
2	2.375	0.218	1.932	0.1616	3.760	7.790	14.136	27.41	2.953	0.02050
2 1/2	2.875	0.276	2.323	0.1936	5.396	12.536	29.117	67.64	4.238	0.02942
3	3.5	0.300	2.900	0.2417	8.410	24.389	70.718	105.1	6.605	0.04527
3 1/2	4.0	0.315	3.361	0.2733	11.32	38.069	128.14	430.8	8.838	0.06470
4	4.5	0.337	3.826	0.3168	14.64	56.006	214.33	819.8	11.497	0.07585
5	5.563	0.375	4.813	0.4011	23.16	111.49	536.38	2583.	18.194	0.1330
6	6.625	0.432	5.761	0.4301	33.19	191.20	1101.6	6346.	26.067	0.1879
8	8.625	0.500	7.625	0.6354	58.14	443.32	3350.3	25775.	45.663	0.3171
10	10.75	0.593	9.564	0.7970	91.47	874.52	8356.8	80020.	71.84	0.4939
12	12.75	0.687	11.376	0.9480	129.41	1472.2	16747.	190523.	101.64	0.7058
14	14.0	0.750	12.500	1.0417	156.25	1953.1	24414.	305176.	122.72	0.8527
16	16.0	0.843	14.314	1.1928	204.89	2932.8	41959.	606904.	160.92	1.1175
18	18.0	0.937	16.126	1.3438	260.05	4193.5	67646.	1090518.	204.24	1.4183
20	20.0	1.031	17.938	1.4948	321.77	5771.9	103536.	1857248.	252.72	1.7550
24	24.0	1.218	21.564	1.7970	465.01	10027.	216234.	4663798.	365.72	2.5262
Schedule 160										
8	8.625	0.593	7.439	0.6191	55.34	411.66	3352.	22781.	43.46	0.3018
10	10.75	0.718	9.314	0.7762	86.75	807.99	7526.	80020.	68.13	0.4732
12	12.75	0.843	11.064	0.9320	122.41	1354.4	14985.	165791.	96.14	0.6777
14	14.0	0.937	12.126	1.0105	147.04	1783.0	21621.	262173.	115.49	0.8213
16	16.0	1.031	13.935	1.1615	194.27	2707.7	37740.	526010.	157.58	1.0593
18	18.0	1.156	15.658	1.3057	246.11	3861.0	60572.	950250.	193.30	1.3423
20	20.0	1.281	17.438	1.4532	304.08	5302.6	92467.	1612438.	233.83	1.6565
24	24.0	1.531	20.939	1.7448	438.40	9179.2	192145.	4024179.	344.32	2.3911
Schedule 170										
4	4.50	0.438	3.624	0.302	13.133	47.595	172.49	625.1	10.315	0.07183
5	5.563	0.500	4.563	0.3802	20.82	95.006	431.5	1978.	16.35	0.1136
6	6.625	0.562	5.501	0.4584	30.26	166.47	915.7	5037.	23.77	0.1650
8	8.625	0.718	7.189	0.5991	51.68	371.54	2671.	19202.	40.59	0.2819
10	10.75	0.943	9.064	0.7553	82.16	744.66	6750.	61179.	64.63	0.4431
12	12.75	1.000	10.750	0.8959	115.56	1242.3	13355.	141563.	90.76	0.6393
14	14.0	1.093	11.814	0.9845	139.57	1648.9	19480.	230137.	109.62	0.7612
16	16.0	1.218	13.564	1.1303	183.98	2495.5	33949.	459133.	144.20	1.0035
18	18.0	1.375	15.350	1.2708	231.56	3546.6	54356.	84842.4	182.66	1.2634
20	20.0	1.500	17.000	1.4166	289.00	4913.0	83521.	1419657.	226.98	1.5762
24	24.0	1.812	20.376	1.6960	415.18	8459.7	173375.	3512313.	326.08	2.2545
Schedule 140										
8	8.625	0.812	7.001	0.5834	49.01	343.15	2402.	16919.	38.50	0.2673
10	10.75	1.000	8.750	0.7292	76.56	669.92	5862.	51291.	60.13	0.4176
12	12.75	1.125	10.500	0.8750	110.25	1157.6	12155.	127628.	86.59	0.6013
14	14.0	1.250	11.500	0.9593	132.25	1520.9	17495.	201136.	103.87	0.7213
16	16.0	1.438	13.124	1.0937	172.24	2260.5	25386.	389340.	135.28	0.9564
18	18.0	1.562	14.876	1.2396	221.30	3292.0	48972.	728502.	173.80	1.2070
20	20.0	1.750	16.5	1.3750	272.25	4492.1	74120.	1222931.	213.82	1.4449
24	24.0	2.062	19.876	1.6563	395.06	7852.1	156809.	3102623.	310.28	2.1577
Schedule 160										
1/2	0.875	0.187	0.466	0.0338	0.2172	0.1012	0.04716	0.02197	0.1756	0.00118
3/4	1.050	0.218	0.614	0.0512	0.3770	0.2315	0.1421	0.08225	0.2361	0.00206
1	1.315	0.250	0.815	0.0679	0.6642	0.5413	0.4412	0.3596	0.5212	0.00362
1 1/4	1.660	0.250	1.140	0.0966	1.346	1.561	1.811	2.160	1.057	0.00734
1 1/2	1.900	0.281	1.338	0.1115	1.790	2.395	3.205	4.282	1.496	0.00976
2	2.375	0.343	1.689	0.1407	2.853	4.818	8.138	13.74	2.241	0.01576
2 1/2	2.875	0.375	2.125	0.1771	4.516	9.596	20.39	43.33	3.546	0.02493
3	3.50	0.438	2.621	0.2187	6.885	18.067	47.41	124.4	5.408	0.03753
4	4.50	0.531	3.418	0.2865	11.82	40.617	139.7	480.3	9.283	0.05447
5	5.563	0.625	4.313	0.3594	18.60	80.230	341.0	1492.	14.61	0.1015
6	6.625	0.718	5.189	0.4324	26.93	159.72	725.0	3762.	21.15	0.1499
8	8.625	0.906	6.813	0.5677	46.42	316.24	2155.	14679.	36.46	0.2532
10	10.75	1.125	8.500	0.7053	72.75	614.12	5220.	44371.	56.75	0.3941
12	12.75	1.312	10.126	0.8438	102.54	1038.3	10514.	106451.	80.53	0.5592
14	14.0	1.406	11.160	0.9233	128.17	1400.4	15685.	175212.	99.31	0.6627
16	16.0	1.593	12.814	1.0678	184.20	2104.0	29881.	345422.	128.69	0.8975
18	18.0	1.774	14.773	1.2173	264.45	2979.7	49244.	607337.	163.72	1.1270
20	20.0	1.950	16.974	1.3727	368.05	4155.3	74006.	166715.	202.67	1.4174
24	24.0	2.343	19.314	1.6065	517.03	7234.7	144502.	267332.	232.91	2.0436

cont. Tabla 8

### Flow of Water Through Schedule 40 Steel Pipe

Discharge		Pressure Drop per 100 feet and Velocity in Schedule 40 Pipe for Water at 60 F.															
		Velocity		Press. Drop		Velocity		Press. Drop		Velocity		Press. Drop		Velocity		Press. Drop	
		Gallons per Minute	Cubic Ft. per Second	Feet per Second	Lbs. per Sq. In.	Feet per Second	Lbs. per Sq. In.	Feet per Second	Lbs. per Sq. In.	Feet per Second	Lbs. per Sq. In.	Feet per Second	Lbs. per Sq. In.	Feet per Second	Lbs. per Sq. In.	Feet per Second	Lbs. per Sq. In.
		<b>¾"</b>				<b>¾"</b>				<b>¾"</b>				<b>1"</b>			
.2	0.000446	1.13	1.88	0.616	0.359	0.774	0.469	0.504	0.189	0.317	0.061	0.033	0.301	0.033			
.3	0.000669	1.09	4.22	0.974	0.595	1.23	0.91	0.672	0.345	0.472	0.086	0.041	0.381	0.041			
.4	0.000891	2.36	6.98	1.33	0.88	1.59	1.41	0.948	0.526	0.617	0.117	0.056	0.452	0.056			
.6	0.00134	3.62	10.5	1.70	1.29	1.96	1.84	1.316	0.704	0.806	0.167	0.078	0.517	0.078			
.8	0.00178	4.82	15.0	2.06	1.65	2.33	2.22	1.684	0.992	1.104	0.228	0.106	0.582	0.106			
1	0.00223	5.65	17.2	2.36	1.85	2.69	2.48	1.972	1.08	1.20	0.260	0.122	0.647	0.122			
2	0.00446	11.29	33.4	4.63	3.61	5.38	4.96	3.944	2.16	2.40	0.516	0.244	1.294	0.244			
3	0.00669	9.23	61.1	6.90	5.41	8.06	7.44	5.912	3.24	3.60	0.772	0.366	1.991	0.366	0.473	0.043	
4	0.00891	12.31	111.2	9.18	7.21	10.75	9.92	7.880	4.32	4.80	1.030	0.488	2.688	0.488	0.610	0.071	
5	0.01114	15.42	161.3	11.46	8.93	13.64	12.64	9.968	5.40	6.00	1.288	0.600	3.386	0.600	0.747	0.104	
6	0.01337	0.574	0.044	1.44	0.86	1.70	1.61	1.208	0.51	0.57	0.145	0.068	0.695	0.068			
8	0.01782	0.765	0.073	1.91	1.18	2.27	2.16	1.616	0.68	0.76	0.196	0.091	0.947	0.091			
10	0.02228	0.956	0.103	2.38	1.50	2.84	2.72	2.024	0.85	0.94	0.247	0.115	1.199	0.115			
15	0.03342	1.41	0.152	3.57	2.25	4.26	4.03	3.040	1.27	1.40	0.360	0.166	1.796	0.166			
20	0.04456	1.91	0.202	4.76	3.00	5.68	5.34	4.056	1.69	1.88	0.473	0.217	2.393	0.217			
25	0.06570	2.39	0.261	5.95	3.74	7.10	6.64	5.072	2.11	2.32	0.586	0.268	3.090	0.268	0.946	0.145	
30	0.06684	2.87	0.320	7.14	4.49	8.52	7.96	6.088	2.53	2.76	0.699	0.319	3.687	0.319	1.241	0.181	
35	0.07798	3.35	0.379	8.33	5.24	9.94	9.28	7.104	2.95	3.20	0.812	0.370	4.284	0.370	1.536	0.218	
40	0.08912	3.83	0.438	9.52	6.00	11.36	10.60	8.120	3.37	3.64	0.925	0.421	4.881	0.421	1.831	0.255	
45	0.10026	4.31	0.497	10.71	6.75	12.78	11.92	9.136	3.79	4.08	1.038	0.472	5.478	0.472	2.126	0.292	
50	0.11140	4.79	0.556	11.90	7.50	14.20	13.24	10.152	4.21	4.52	1.151	0.523	6.075	0.523	2.421	0.329	
60	0.1337	5.74	0.671	14.18	8.93	16.84	15.56	12.176	5.04	5.38	1.364	0.604	7.372	0.604	2.864	0.395	
70	0.1560	6.70	0.786	16.46	10.36	19.48	17.98	14.200	5.87	6.24	1.577	0.685	8.669	0.685	3.307	0.461	
80	0.1783	7.65	0.901	18.74	11.79	22.12	20.48	16.224	6.70	7.08	1.790	0.766	9.966	0.766	3.750	0.527	
90	0.2006	8.60	1.016	21.02	13.22	24.76	23.26	18.248	7.53	7.92	2.003	0.847	11.263	0.847	4.193	0.593	
100	0.2228	9.56	1.131	23.30	14.65	27.40	25.76	20.272	8.36	8.76	2.216	0.928	12.560	0.928	4.636	0.659	
125	0.2782	11.92	1.427	28.38	18.22	33.48	31.36	25.346	10.11	10.52	2.650	1.100	15.706	1.100	5.529	0.796	
150	0.3336	14.28	1.723	33.46	21.79	39.56	36.84	30.420	11.86	12.28	3.084	1.272	18.852	1.272	6.422	0.933	
175	0.3890	16.64	2.019	38.54	25.36	45.64	42.12	35.494	13.61	14.04	3.518	1.444	22.000	1.444	7.315	1.070	
200	0.4444	19.00	2.315	43.62	28.93	51.72	47.60	40.568	15.36	15.80	3.952	1.616	25.146	1.616	8.208	1.207	
225	0.5000	21.36	2.611	48.70	32.50	57.80	53.08	45.642	17.11	17.56	4.386	1.788	28.292	1.788	9.101	1.344	
250	0.5556	23.72	2.907	53.78	36.07	63.88	58.56	50.716	18.86	19.32	4.820	1.960	31.438	1.960	10.000	1.481	
275	0.6112	26.08	3.203	58.86	39.64	69.96	63.04	55.790	20.61	21.08	5.254	2.132	34.584	2.132	10.900	1.618	
300	0.6668	28.44	3.499	63.94	43.21	76.04	68.32	60.864	22.36	22.84	5.688	2.304	37.730	2.304	11.800	1.755	
325	0.7224	30.80	3.795	69.02	46.78	82.12	73.60	65.938	24.11	24.60	6.122	2.476	40.876	2.476	12.700	1.892	
350	0.7780	33.16	4.091	74.10	50.35	88.20	78.08	71.012	25.86	26.36	6.556	2.648	44.022	2.648	13.600	2.029	
375	0.8336	35.52	4.387	79.18	53.92	94.28	82.56	76.086	27.61	28.12	6.990	2.820	47.168	2.820	14.500	2.166	
400	0.8892	37.88	4.683	84.26	57.49	100.36	86.04	81.160	29.36	29.88	7.424	2.992	50.314	2.992	15.400	2.303	
425	0.9448	40.24	4.979	89.34	61.06	106.44	90.52	86.234	31.11	31.64	7.858	3.164	53.460	3.164	16.300	2.440	
450	1.0004	42.60	5.275	94.42	64.63	112.52	94.00	91.308	32.86	33.40	8.292	3.336	56.606	3.336	17.200	2.577	
475	1.0560	44.96	5.571	99.50	68.20	118.60	97.48	96.382	34.61	35.16	8.726	3.508	59.752	3.508	18.100	2.714	
500	1.1116	47.32	5.867	104.58	71.77	124.68	101.66	101.456	36.36	36.92	9.160	3.680	62.898	3.680	19.000	2.851	
525	1.1672	49.68	6.163	109.66	75.34	130.76	106.84	106.530	38.11	38.68	9.594	3.852	66.044	3.852	19.900	2.988	
550	1.2228	52.04	6.459	114.74	78.91	136.84	112.02	111.604	39.86	40.44	10.028	4.024	69.190	4.024	20.800	3.125	
575	1.2784	54.40	6.755	119.82	82.48	142.92	117.20	116.678	41.61	42.00	10.462	4.196	72.336	4.196	21.700	3.262	
600	1.3340	56.76	7.051	124.90	86.05	149.00	122.38	121.752	43.36	43.76	10.896	4.368	75.482	4.368	22.600	3.399	
625	1.3896	59.12	7.347	130.00	89.62	155.08	127.56	126.826	45.11	45.52	11.330	4.540	78.628	4.540	23.500	3.536	
650	1.4452	61.48	7.643	135.08	93.19	161.16	132.74	131.900	46.86	47.28	11.764	4.712	81.774	4.712	24.400	3.673	
700	1.560	68.84	8.539	145.74	102.75	171.82	143.40	142.544	51.42	51.84	12.610	5.040	88.460	5.040	26.200	3.940	
750	1.675	76.20	9.435	156.40	112.31	182.48	154.04	153.188	55.98	56.40	13.456	5.368	95.146	5.368	28.000	4.200	
800	1.790	83.56	10.331	167.06	121.87	193.14	164.68	163.832	60.54	61.00	14.302	5.696	101.832	5.696	29.800	4.460	
850	1.905	90.92	11.227	177.72	131.43	203.80	175.32	173.476	65.10	65.56	15.148	6.024	108.520	6.024	31.600	4.720	
900	2.020	98.28	12.123	188.38	141.00	214.46	185.96	183.120	69.66	70.12	15.994	6.352	115.210	6.352	33.400	4.980	
950	2.135	105.64	13.019	199.04	150.56	225.12	196.60	192.764	74.22	74.68	16.840	6.680	121.900	6.680	35.200	5.240	
1000	2.250	113.00	13.915	209.70	160.12	235.78	207.24	200.408	78.78	79.24	17.686	7.008	128.590	7.008	37.000	5.500	
1100	2.470	127.64	15.703	229.44	176.37	253.52	223.98	218.152	87.42	87.88	19.174	7.640	139.700	7.640	40.600	5.960	
1200	2.690	142.28	17.491	249.18	192.61	271.26	240.72	235.896	96.06	96.52	20.662	8.272	150.810	8.272	44.200	6.420	
1300	2.910	156.92	19.279	268.92	208.86	289.00	256.46	253.640	104.70	105.16	22.150	8.904	161.920	8.904	47.800	6.880	
1400	3.130	171.56	21.067	288.66	225.10	306.74	272.00	270.384	113.34	113.80	23.638	9.536	173.030	9.536	51.400	7.340	
1500	3.350	186.20	22.855	308.40	241.35	324.48	287.54	285.928	121.98	122.44	25.126	10.168	184.140	10.168	55.000	7.800	
1600	3.570	200.84	24.643	328.14	257.60	342.22	303.08	302.472	130.62	131.08	26.614	10.800	195.250	10.800	58.600	8.260	
1700	3.790	215.48	26.431	347.88	273.84	360.00	318.62	319.016	139.26</								

### III.9 RIESGOS QUIMICOS

Casi todas las sustancias químicas presentan riesgos en su uso, en su manejo y en su almacenamiento. Estos riesgos se pueden clasificar en:

- a) Riesgos contra la salud.
- b) Riesgos por reactividad química.
- c) Riesgos por inflamabilidad.

#### RIESGOS CONTRA LA SALUD.

Se define como riesgo a la salud, a cualquier propiedad de un material que pueda causar directa o indirectamente algún daño o incapacidad temporal o permanente, por exposición o contacto, inhalación o ingestión.

Hay dos fuentes de riesgos a la salud. Una surge de las propiedades inherentes de el material. La otra es consecuencia de los productos tóxicos de la combustión o descomposición del material.

El grado de riesgo debe ser asignado sobre la base de el grado de peligro que podría existir en incendios o en otras condiciones de emergencia.

El grado de riesgo debe indicar al personal de los departamentos de combate de incendios que pueden trabajar con seguridad sólo con equipo de protección especial; con equipo de protección respiratorio, o con

mantos ordinarios.

Para comprender el daño potencial de una sustancia, deberá conocerse su toxicidad. Esta describe el grado de acción tóxica que puede causar la misma. La palabra tóxico describe un caso general en que la toxicidad de una sustancia llega a alcanzar un nivel en que ocurren efectos perjudiciales apreciables.

#### INTOXICACION.

Una toxicidad aguda se refiere a una cantidad de una sustancia que produce muy rápidamente un efecto perjudicial, por ejemplo, en segundos, minutos u horas.

La toxicidad crónica se refiere a la cantidad de una sustancia que requerirá un tiempo largo para ocasionar un daño; por ejemplo, meses o años.

Las toxicidades agudas y crónicas son los niveles fundamentales de información requeridos para controlar el ambiente de trabajo. Cualquier sustancia que no produce un efecto agudo o crónico a los niveles normales de concentración, habituales en el ambiente de trabajo, se considera carente de toxicidad significativa, y, en general, no constituirá un riesgo ocupacional.

#### TOXICOLOGIA EXPERIMENTAL.

Se denomina dosis de respuesta a la cantidad de una sustancia que causará una reacción nociva.

Mediante evaluaciones de la toxicidad, y en base a las res-

puestas obtenidas, se creó un índice de toxicidad relativa, correspondiente a las sustancias dañinas. Esta respuesta se expresa indicando la dosis que se requiere para matar a un cierto porcentaje de los animales sometidos a prueba, que es lo que se denomina dosis letal o mortal a dicho porcentaje, como por ejemplo:

DLM (dosis mínima letal)  
DL<sub>50</sub> (dosis letal 50%)  
DL<sub>100</sub> (dosis letal 100%).

#### VIAS DE ACCESO

Independientemente de la toxicidad de una sustancia, ésta no puede ocasionar daño hasta que no ha entrado al cuerpo y queda incluida en el metabolismo (reacción química del organismo). Las sustancias penetran al cuerpo mediante tres caminos:

1. Por absorción por la piel, denominado "absorción".
2. Por absorción por el conducto gastrointestinal, denominada "ingestión".
3. Por absorción por los pulmones, denominada "inhalación".

Los materiales pueden entrar también a los pulmones mediante un proceso denominado "aspiración". Los materiales normalmente ingeridos entran a los pulmones durante el vómito.

La forma en que la exposición con riesgo a una sustancia tóxica se produce, depende mucho de las propiedades físicas de la sustancia tóxica de que se trate. Los pulmones absorberán fácilmente los gases o vapores y los polvos solubles; por ello, cualquier líquido volátil, o cualquier sólido que produce polvo, puede entrar al cuerpo por inhalación. Aún con ba-



jas concentraciones de la sustancia tóxica en el aire, el ritmo y regularidad de la respiración ocasiona rápidamente una concentración alta de la misma en el cuerpo.

La piel se pone en contacto con los tres tipos de materia, frecuentemente con una muy elevada concentración (en función de la cantidad de sustancia en relación con la superficie de la piel). Afortunadamente las capas exteriores no son muy permeables, y brindan una protección considerable. Esta protección se reduce en gran medida si hay alguna rotura en la piel exterior.

El conducto gastrointestinal es la zona menos vulnerable a las sustancias que entren en el cuerpo, ya que una ingestión accidental es muy reducida, incluso aún cuando se produjera, la habilidad de la sustancia para ser absorbida dependerá de su habilidad para disolverse en los jugos gástricos.

La entrada a los pulmones de una sustancia por aspiración no es una situación frecuente, pero puede ocurrir cuando se trata de sacar un líquido por succión, si además del aire se aspira líquido y éste va a los pulmones. (Una situación más fácil de ocurrir es la que se produce cuando una persona no se encuentra plenamente conciente, vomita y la reacción normal de expulsar la materia extraña no actúa, y el vómito entra en los pulmones, por lo que la sustancia puede entonces convertirse en un riesgo tóxico más grave. Por ejemplo, solventes de hidrocarbano).

#### MAXIMOS PERMISIBLES

Los límites de trabajo seguro con respecto a la exposición en el trabajo a las sustancias tóxicas, consisten en determinar la situación y concentración en las cuales puede usarse con seguridad una determinada sustanu

cia, a estos límites se les denomina VALORES LIMITES DE UMBRAL

Los valores límites de umbral se refieren a la concentración máxima en el aire de sustancias a 298°K (25°C) y 100 kPa (760 mm Hg) de presión, que puede ser tolerada por casi todas las personas en su trabajo durante exposiciones repetidas día tras día sin que sufran efectos adversos. Es importante observar que los VLU constituyen guías referentes al empleo seguro de las sustancias. Hay tres categorías de VLU :

1. Los valores límites de umbral - promedio ponderado de tiempo (V.L.U. - PPT). Este da las exposiciones, basadas en días de trabajo de ocho horas y semana de 40 horas, que no producirán efectos contrarios. La concentración de sustancia a la que se expone una persona puede variar (dentro de ciertos límites) con tal que no exceda la dosis recibida durante una exposición de ocho horas.
2. Valores límites de umbral - límite de exposición breve (VLU - LEB). Este controla, en el caso de algunas sustancias, unos niveles más elevados de exposición, superiores al V.L.U. -PPT durante periodos hasta de 15 minutos, con tal que no se produzcan más de cuatro exposiciones breves durante el día, con un espaciado mínimo de una hora entre los periodos de exposición.
3. Valores límites de umbral - Tope (V.L.U. - T) éste es un nivel que nunca deberá excederse durante ningún periodo de tiempo.

El sistema VLU se considera como guía en cuanto a los límites superiores de exposición a sustancias peligrosas, aplicándose en la práctica límites más reducidos. Cuando están siendo aplicados los V.L.U., hay dos aspectos cuya importancia no se debe olvidar. Estos son:

1. No son índice de la toxicidad relativa.
2. No indican la naturaleza peligrosa relativa de una sustancia.

## SUSTANCIAS CARCINOGENAS

Algunas sustancias químicas son carcinógenas, esto es que tienen la propiedad de inducir el cáncer, y no se conoce en forma precisa cuáles de éstas lo son, por lo que el control de los productos químicos que pueden ocasionar el cáncer se hace muy difícil.

Cuando se sabe o se acepta que algunas sustancias son carcinógenos humanos, o son potencialmente carcinógenas, hay dos métodos básicos prácticos para controlarlas:

1. Prohibir su uso, cambiándolas por sustitutos seguros.
2. Permitir su uso bajo un control higiénico riguroso.

Debe además existir una conciencia plena, por parte de cada trabajador, en cuanto a los riesgos del proceso.

Ejemplo de algunas sustancias que se sabe que son o potencialmente pueden ser carcinógenas para las personas.

- Hidrocarburos aromáticos policíclicos en partículas.
- Cloruro de vinilo.
- Benceno

## SUSTANCIAS CORROSIVAS

Las sustancias corrosivas pueden ocasionar quemaduras químicas, y pueden caracterizarse como sustancias que producen una destrucción rápida de los tejidos del cuerpo en el punto de aplicación.

La piel y los ojos son las partes del cuerpo más vulnerables al ataque por parte de los productos químicos corrosivos, seguidos por la irritación del conducto respiratorio. El conducto gastrointestinal es, en general, el último vulnerable, pero no deberá ignorarse una ingestión accidental como riesgo potencial.

La piel ofrece alguna resistencia a las sustancias corrosivas, lo cual permite en la mayoría de los casos disponer de algún tiempo para lavar los agentes corrosivos antes de que se produzca un daño grave a los tejidos. Los ojos sin embargo, son muy susceptibles al ataque por los agentes corrosivos, pues se requiere una cantidad muy pequeña para que ocasione la pérdida temporal de la visión, o la ceguera. Aún cuando la sustancia sea muy diluida, es potencialmente corrosiva para el ojo.

Los detergentes, por razón de sus propiedades en cuanto a la solución de grasas, son absorbidos rápidamente por los tejidos del ojo, y pueden ocasionar quemaduras graves si no se lavan inmediatamente.

### SUSTANCIAS DERMATOSICAS

La dermatitis es una situación no infecciosa e inflamatoria de la piel, ocasionada por un contacto prolongado con agentes químicos o físicos.

Hay dos categorías de dermatitis ocupacional:

Dermatitis por contacto.- Es causada por sustancias denominadas irritantes cutáneos primarios, y actúan mediante ataque directo sobre la piel, ocasionando la destrucción de los tejidos, o por desengrasado. La interrupción de la exposición va habitualmente seguida por la recuperación.

Algunos ejemplos de estas sustancias son: grasas, solventes como el petróleo, alcohol blanco.

Dermatitis por sensibilización.- La ocasionan sustancias llamadas sensibilizadores cutáneos, que dan lugar a una respuesta alérgica de las reacciones metabólicas de la piel, seguido algunas veces de una respuesta inflamatoria. Algunos ejemplos de sensibilizadores cutáneos son: reveladores fotográficos, resinas epoxi.

#### MEDIDAS PREVENTIVAS

El objetivo principal en la prevención de la dermatitis consiste en la limitación de la exposición a un mínimo práctico. En el caso de ambientes polvorientos y gases, puede lograrse con una ventilación adecuada. Cuando se utilicen líquidos, pastas o sólidos sin polvo, deberá utilizarse el equipo protector adecuado, por ejemplo, guantes, delantales, botas altas, sobretodos con cuellos y puños bien ajustados. Como precaución adicional, es muy importante la higiene personal en la prevención de la dermatitis, a la vez que debe observarse una atención estricta a los métodos de trabajo e instrucciones al respecto.

#### RIESGOS POR INHALACIÓN DE POLVOS Y FIBRAS

Algunos polvos tóxicos reducen la capacidad pulmonar para la respiración normal permanentemente. El sílice recién cortado, que se produce en la minería y en la arena usada para la fundición, tiene este efecto tóxico, y da lugar a una enfermedad denominada sílicosis.

Las fibras inorgánicas, tales como las del asbesto, puede producir un efecto semejante, el cual, cuando el daño llega a ser amplio, produce asbestosis. El polvo orgánico fibroso puede producir la misma toxicidad "física" pero es ligeramente soluble en el fluido pulmonar y libera agentes

tóxicos, que pueden ocasionar reacciones alérgicas. Ejemplo de esto, son los que trabajan el algodón, los cuales sufren bisinosis, enfermedad con sin tomas semejantes a los del asma.

El control de los polvos respirables peligrosos, consiste en suprimir el polvo, y en la ventilación para darle salida. En algunos casos será necesario que los trabajadores utilicen equipo protector para la respiración, es importante que éste sea comprobado para ver que se ajuste cómodamente, y que se le use durante la totalidad del tiempo de exposición. Antes de utilizar una máscara para protección contra un determinado polvo, es de vital importancia comprobar que dicha máscara es capaz de filtrar el mismo.

#### ACCIDENTES POR EXPOSICION A GASES

Los accidentes por exposición a gases constituyen sucesos ocuacionales comunes.

Estos suponen la inhalación de un aire que contiene un gas tóxico o corrosivo, el que puede ser absorbido por el sistema respiratorio produciendo una respuesta aguda. Uno de los tipos más frecuentes de accidentes por exposición a gases se produce cuando el cuerpo sufre por falta de oxígeno. Esto se denomina anoxia, y puede ocurrir de dos formas.

1. La anoxia simple, en la cual la cantidad de oxígeno en el aire se ha reducido por debajo del nivel que puede soportar adecuadamente la respiración (aproximadamente un 16%). Esto puede ocurrir durante un incendio, donde se producen grandes cantidades de bióxido de carbono, consumiéndose el oxígeno; o cuando el oxígeno es desplazado del aire por evaporación de un líquido inerte, como el nitrógeno líquido.
2. La anoxia tóxica, se produce cuando se impide que el oxí-

geno viaje a través del cuerpo hacia la sangre. Esto puede ocasionarse por inhalación de: monóxido de carbono, sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), cianuro de hidrógeno. El sulfuro de hidrógeno cuenta con el riesgo adicional de paralizar el sentido del olfato, lo que puede dar una falsa sensación de seguridad a la infortunada víctima. El monóxido de carbono, que no tiene un color distintivo, es muy peligroso, ya que la víctima no tiene noticia de que está respirando el gas, y puede verse incapacitada sin intentar abandonar la zona de peligro.

Existen gases que atacan el sistema respiratorio causando una reacción grave corrosiva o inflamatoria de los tejidos. A éstos se les denominan gases irritantes, por ejemplo: el bióxido de azufre, amoníaco.

Los vapores procedentes de los solventes orgánicos, tales como el etoxietano y el 1.1.1. -tricloroetano, producen una reacción anestésica denominada narcosis, que con frecuencia lleva a la víctima hacia la inconciencia.

En un caso de exposición a gases, el trastorno denominado fiebre por humos, produce síntomas semejantes a un ataque de gripe, puede producirse al absorber ciertos polímeros (fiebre por humos de polímeros), por ejemplo: cloruro de polivinilo, politetrafluoretileno. El estado que se crea puede ser muy grave y durar varios días; la recuperación se produce sin que se observen efectos posteriores.

#### PRIMEROS AUXILIOS EN EL CASO DE INHALACION DE GASES

1. Preocúpese en primer lugar por su propia seguridad, y a continuación saque a la víctima de la zona de peligro.
2. Afloje sus partes apretadas, por ejemplo: corbatas, cuellos, cinturones, etc.

3. Si la víctima está inconciente y ha dejado de respirar, aplique la respiración artificial mediante el método boca a boca.
4. Si la víctima está inconciente, pero respira, colóquese el cuerpo con la cara hacia abajo y con la cabeza girada hacia un lado, para permitir una respiración fácil (posición de coma).
5. Haga lo preciso para que la víctima reciba atención médica o envíela al hospital. Si es posible envíe detalles del accidente y del tratamiento que se le haya dado.

El sulfuro de hidrógeno actúa directamente sobre el sistema nervioso, ocasionando parálisis del centro respiratorio. Paraliza igualmente el sentido del olfato. Esto resulta particularmente peligroso, ya que una vez que el olor característico a huevos podridos ha "desaparecido", la víctima tiene la falsa sensación de encontrarse en un ambiente "seguro". El tratamiento de primeros auxilios para el sulfuro de hidrógeno es: deberá sacarse a la víctima de la zona peligrosa, hacerla descansar y suministrarle aire abundante o resucitación por oxígeno. En el caso de una víctima inconciente, deberá aplicarse la respiración artificial de boca a boca. Deberá conseguirse ayuda médica.

Los procesos y las plantas en los que pueden encontrarse sustancias tóxicas o corrosivas son:

Con respecto a gases, plantas de absorción de gas; unidades compresoras, unidades para llenado de cilindros de gas.

Para vapores tenemos: unidades de destilación, unidades para la extracción de solventes, sistemas de evaporación.

Aerosoles.- abertura de recipientes (a presión).

Líquidos.- Salpicado de líquidos a presión, por fallas en el equipo; empleo excesivo de solventes para limpiar



la grasa de las manos y los brazos.

Polvos. Muestreado de sólidos cristalinos o granulares, equipo para manejo de materiales.

#### RIESGOS POR INFLAMABILIDAD.

El riesgo por inflamabilidad se entiende como el grado de susceptibilidad del material a encenderse. Muchos materiales que arden bajo un conjunto de condiciones, no arderán bajo otras. La forma o condición de el material, como son sus propiedades inherentes influyen en su peligrosidad.

#### RIESGOS POR REACTIVIDAD (INESTABILIDAD).

El riesgo por reactividad se relaciona al grado de susceptibilidad del material a liberar energía. Algunos materiales son capaces de llevar a cabo una rápida liberación de energía por si mismos, mediante reacciones espontáneas o polimerizaciones, o pueden ser sometidos a violentas erupciones o reacciones explosivas si hace contacto con agua u otros agentes extintores o con cierto tipo de materiales.

El grado de riesgo debe indicar al personal de los departamentos de combate de incendios:

- Si el área debe ser evacuada.
- Si el fuego debe ser atacado desde una localización protegida.
- Las precauciones que deben tomarse al acercarse al fuego y al aplicar los agentes extintores.
- Si el incendio debe ser combatido utilizando procedimientos normales.

Se considera materiales reactivos a aquellos que pueden entrar dentro de una reacción química con otro material estable o inestable.

Los materiales inestables son aquellos que en estado puro o comercial producen vigorosas polimerizaciones, descomposiciones o condensaciones o reaccionan espontáneamente o son sometidos a otros violentos cambios químicos.

Los materiales estables son aquellos que normalmente tienen la capacidad de resistir cambios en su composición química, no obstante las exposiciones al aire, agua y calor encontradas en casos de emergencia como incendios.

#### SISTEMA DE IDENTIFICACION DE RIESGOS.

En toda industria debe hacerse una lista de los materiales y sustancias que se manejen a fin de señalar sus riesgos para su control por el Departamento de Seguridad, así como para el necesario conocimiento del personal en cada área de trabajo.

La Fig. 21 muestra el sistema utilizado, el cual proporciona una idea general del riesgo inherente de los productos y el grado de gravedad de esos riesgos. Este sistema está basado en la clasificación recomendada por la National Fire Protection Association. (NFPA).

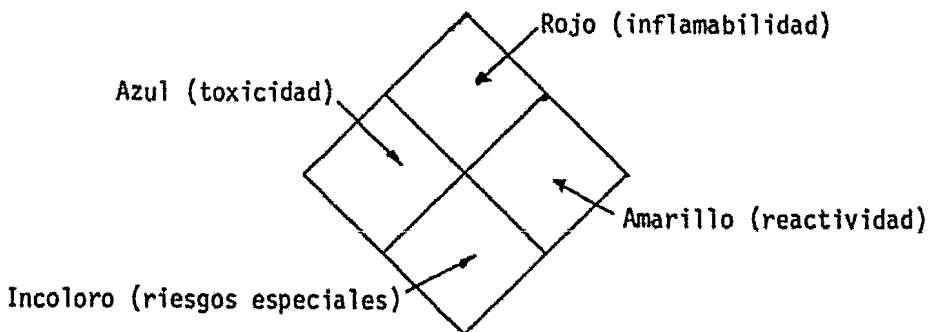


Fig. 21

Esta clasificación comprende cuatro conceptos y cinco grados de peligrosidad. Los conceptos son: toxicidad, con color azul; inflamabilidad, con color rojo; reactividad (inestabilidad y reactividad al agua), con color amarillo; y otras propiedades, con una letra o un símbolo sobre fondo blanco. Los grados de peligrosidad se clasifican desde el cero (0) hasta el cuatro (4), indicando respectivamente desde "ningún riesgo en especial" hasta "riesgo grave o en extremo peligroso".

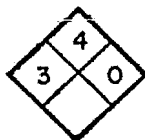
El espacio en blanco se utiliza para identificar alguna reactividad inusual con el agua. Por ejemplo una W con una línea horizontal en el centro (W) indica al personal de contra incendio, un posible peligro en el uso del agua como agente extintor. Este espacio puede ser utilizado también para identificar riesgos de radiación con el símbolo. ☢

El criterio de clasificación es el siguiente:

Contra la Salud	Inflamabilidad	Reactividad
0 Ninguno	0 Incombustible	0 Estable
1 Poco efecto	1 Poco combustible	1 Necesita activación
2 Por exposición prolongada	2 Arde con calentamiento ligero	2 Activo sin explosión
3 Por exposición corta	3 En condición ambiental	3 Capaz de explotar
4 Mortal en corta exposición	4 Muy combustible	4 Descomposición con explosión

Ejemplo:

Acido Sulfhídrico H<sub>2</sub>S



DESCRIPCION. Gas incoloro, fuerte olor desagradable similar a huevos podridos.

RIESGOS DE EXPLOSION Y FUEGO. Gas inflamable. Forma mezclas explosivas con aire, en un amplio rango.

LIMITES DE INFLAMABILIDAD 4.3% - 45%

TEMPERATURA DE IGNICION 500°F

Es más pesado que el aire (densidad de vapor 1.2) y puede viajar por considerables distancias hasta una posible fuente de ignición y encenderse.

RIESGOS A LA VIDA. Es altamente tóxico, irrita los ojos y el aparato respiratorio. En altas concentraciones causa muerte inmediata. Son necesarios goggles y aparatos de respiración personal.

La concentración máxima permisible para una jornada de 8 horas es de 10 p.p.m., equivalente a  $15 \text{ mg/m}^3$  de aire.

### III.10 TRANSPORTE DE PRODUCTOS PELIGROSOS

Debido a la gran variedad de productos químicos y al consumo de los mismos, se presenta el problema de su transporte desde los lugares donde se producen hasta aquellos donde se emplean. Por lo general los productos sólidos presentan menos riesgo que los líquidos, de ahí que se tenga que diseñar recipientes de diversos volúmenes y formas para el acarreo de éstos últimos. Entre los más usuales están los tanques automotores (pipas) y los carros-tanque de ferrocarril.

Realizar un transporte seguro debe ser interés tanto del productor y del comprador, así como del transportista, no sólo por lo útil o costoso del material, sino por la responsabilidad de evitar accidentes que fácilmente crean efectos de desastre, y porque en el caso de que lleguen a suceder, su resolución requiere de la acción de esas tres partes para el control y defensa contra el riesgo que implica esa clase de sustancias, cuyas propiedades específicas no siempre son conocidas por el transportista. Es también obligación de los tres no crear riesgos para la población civil y sus bienes o contra la salud.

Los transportes más voluminosos de sustancias químicas en forma de gas a presión, gas licuado o líquido volátil se hace en carros-tanque, los cuales constan principalmente de un cuerpo, de envoltura sencilla o doble con forro aislante; de válvulas de carga; válvulas de descarga, situadas en un domo o en la parte inferior del carro; de válvulas de seguridad o control de presión y de serpentines para calentamiento. Para cada clase de sustancia se emplea un carro de diseño específico.

Para evitar accidentes, por factores propios de los carros, los inspectores que los reciben en las empresas transportistas, antes de autorizar

su incorporación a un tren deben tomar, por lo menos, las siguientes medidas preventivas:

1. Verificar cuidadosamente las inspecciones reglamentarias a cada carro-tanque.
2. Cerciorarse de que el producto que contiene el carro-tanque sea precisamente el que viene consignado en la guía.
3. Colocar invariablemente los carteles reglamentarios que in diquen el contenido del tanque y las medidas de precaución que deban tomarse para su manejo.
4. Cerciorarse que las válvulas del domo se encuentren en buen estado y debidamente calibradas, ajustadas o cerradas, Que las válvulas de la parte inferior además de estar bien cerradas, tengan sus tapones roscados, apretados y con sus respectivas cadenas.

Para lo anterior debe tenerse en cuenta que los principales defectos que puede encontrarse en los sistemas de carga y descarga de los carros-tanque son:

- a) En accesorios del domo, que sólo están en contacto con el vapor desprendido del líquido, puede haber fallas en las juntas de estoperos, válvulas de seguridad, medidores de presión y placa principal de asiento del domo, En todos ellos puede haber tornillos flojos o empaques en mala con dición. Las válvulas pueden estar mal cerradas o flojas.
- b) En los accesorios del domo, con tubos que lleguen dentro del líquido puede haber mala empaadura, o tornillos flojos en las válvulas, llaves de purga y tapones roscados.

En todo caso, si después de haber apretado tornillos, cerrar bien las válvulas y cerciorarse que las empaaduras están en buena condición, sigue una fuga, debe procederse a aislar el carro y recurrir al embarcador o al destinatario para que hagan reparaciones especiales o el transvase del con tenido del carro. Cuando haya necesidad de hacer una maniobra de salvamento de un carro-tanque con producto peligroso, también debe procurarse la inter-

vención del destinatario o del productor.

Las válvulas de seguridad deben estar calibradas a la presión indicada, según la presión de vapor del gas licuado o líquido que contenga el carro-tanque. Su operación normal es, abrirse cuando la presión interior del carro sobrepase la de calibración, debido a aumento de temperatura o sobrecarga del carro.

Cuando un carro-tanque presente fuga de material inflamable o tóxico, debe procederse a:

1. Separarlo del tren y llevarlo a un lugar aislado para cerrar la fuga; o controlarla si resulta inevitable, en cuyo caso debe procurarse que el material se disperse en el aire, y no se acumule en lugares donde represente un mayor peligro.
2. Cuando el material sea además de inflamable, tóxico o venenoso, las personas que hagan la inspección deben protegerse contra estos riesgos.
3. En caso necesario deben cavarse fosas o hacer diques para retener el fluido que se derramen.
4. Los carros-tanque que tengan fugas, no deben permanecer dentro de túneles, cortes entre cerros o lugares donde se pueda acumular el producto que se fuga.
5. Cuando la unidad se esté incendiando y no sea posible extinguirla pero sí sea posible retirarla, se procederá a hacerlo con cuidado, interponiendo entre la locomotora y el carro afectado una o dos unidades madrinas. Llevándola hasta el lugar donde pueda apagarse o tener controlado el fuego hasta su terminación.
6. En caso de que el material que arde sea tóxico, además de inflamable, es preferible dejarlo que se consuma y no dejarlo escapar.
7. Cuando el carro ha sido apagado, debe enfriársele bien antes de hacerle una inspección, ya que puede contener parte

del producto o gases peligrosos.

8. Cuando no sea posible apagar o mover la unidad que se esté incendiando, deberán retirarse las demás unidades y tomarse precauciones generales dentro de un área con un mínimo de 300 m de diámetro.
9. Todo carro que haya sufrido un incendio, aunque haya sido pequeño, debe someterse a inspección para determinar las precauciones que hay que tener con él y si se debe reparar o retirarse del servicio.
10. Las personas que participen en maniobras o trabajos dentro de un área peligrosa, deben ser previamente instruidas acerca de lo que van a hacer y estar protegidas para casos de derrames, fugas, flama<sup>z</sup>os o explosión, de los materiales que contengan los carros afectados.

Las industrias que reciben y envían productos químicos peligrosos ya sea en carros tanque de ferrocarril o camiones-tanque, deben tener un área totalmente acondicionada para efectuar las maniobras necesarias, así como los elementos que se requieran para la carga y descarga. Las áreas para carros-tanque con espuelas de vías, deben llenar todas las especificaciones que son reglamentarias a los ferrocarriles, para facilitar a las tripulaciones de los trenes hacer las maniobras de entrada, acomodo y salida; además, debe tener los medios necesarios para afrontar cualquier situación de emergencia y estar acondicionada con drenajes, servicio de agua e iluminación. Todo servicio eléctrico debe ser a prueba de explosión.

Las principales reglas para la carga y descarga de carros-tanque o carros-pipa, son las siguientes:

1. Las maniobras y operaciones serán efectuadas por personal adiestrado y provisto con equipo de protección.
2. Las maniobras de carga y descarga deben, de preferencia, hacerse de día.



3. Los lugares para estas maniobras deben ser planos y horizontales.
4. El área se protegerá con avisos o banderas azules. No se permitirá el paso a personas ajenas.
5. El carro se frenará y se bloqueará para asegurar su inmovilidad.
6. El tanque se conectará a tierra con conductores y barras de cobre.
7. La herramienta que se use para armar las tuberías debe ser antichispas y de metal que no sea catalizador del líquido o gas que se va a transvasar.
8. Una vez instaladas, deben revisarse las líneas para asegurarse de que no haya entrada de humedad o de aire cuando se purguen con el gas inerte que se vaya a emplear.
9. No deberá descargarse un tanque cuando esté a presiones mayores que la indicada para la maniobra.
10. En el área no habrá fuentes de ignición, como brasas, flamas, aparatos eléctricos o motores que no sean a prueba de explosión.
11. Si hay escapes durante la maniobra, debe suspenderse ésta y hacer una revisión completa de las líneas.
12. No debe usarse aire a presión para descargar.
13. Cuando se pueda es conveniente controlar la salida del gas que se desaloja haciéndolo borbotear en agua.
14. Los tubos de venteo deben llevar siempre su arrestador de flama.
15. En el llenado de un tanque, debe dejarse el espacio adecuado para la vaporización que compensa los cambios de volumen y presión.
16. En el carro tanque, deberán colocarse los avisos reglamentarios relativos a las propiedades del producto que contienen y a las medidas de seguridad que deben seguirse en su manejo.

17. Las maniobras dentro de las áreas de carga y descarga estarán a cargo de un jefe responsable de las operaciones y de la seguridad.

Cuando se trata de carros-pipa las precauciones son semejantes a las que se indican en las reglas anteriores ya que la peligrosidad de las sustancias no cambia porque sea menor el volumen que se transporta, sin embargo, hay algunos materiales, como los gases licuados que son combustibles domésticos, para los que es indispensable señalar algunas precauciones especiales, como las que se citan a continuación:

1. No deben mezclarse los gases combustibles de petróleo con aire, al hacer la carga de un camión.
2. Los carros-pipa diseñados para cargar un tipo de gas no deben cargarse con otro, ya que sus propiedades físicas son distintas.
3. Las válvulas y mangueras que se usen deben ser las indicadas al tipo de gas que se trasiega.
4. Debe medirse, por peso o por volumen, la cantidad de producto cargada en el tanque, para no exceder su capacidad.
5. Para tener un conocimiento preciso de las maniobras de carga o descarga de los gases licuados combustibles, debe consultarse al productor, que es Petróleos Mexicanos.

El transporte de sustancias químicas ofrece riesgos muy variados, debido a las diferentes propiedades de éstas. En una volcadura del vehículo, en que haya un derrame o se produzca una fuga, hay riesgos de intoxicación, incendios o explosiones que pueden deberse al propio producto o al efecto que haga sobre materiales con que se pueda combinar o que se pueda hacer entrar en combustión.

En los casos en que no haya fugas pero que el tanque quede muy maltratado, existe el peligro de que se activen reacciones de descomposición,

polimerizaciones y otras que provoquen la ruptura explosiva del recipiente.

Esta condición de peligro latente, sin que se pueda precisar lo que en realidad llegue a suceder, es frecuente en el transporte de las sustancias químicas.

En la fig. 22 se muestra una forma de Reporte de Accidentes para el Transporte de Materiales Peligrosos.

## REPORTE DE ACCIDENTE CON MATERIALES PELIGROSOS

Fecha y hora  
Lugar  
Embarcador del producto  
Destinatario  
Clase de accidente  
Vehículo  
Recipiente  
Partes que presentaron falla  
Producto involucrado  
Personas que intervinieron  
Medidas de control tomadas  
Equipo de protección empleado  
Herramientas y repuestos usados  
Lesiones a quienes intervinieron  
Lesiones a terceros  
Daños producidos  
Causas del accidente  
Condiciones concurrentes  
Documentos y actas  
Costos  
Observaciones y recomendaciones

FIG. 22

## INFORMACION SOBRE EL MATERIAL

Nombre, comercial y químico  
Estado en que se transporta  
Rango explosivo  
Concentración máxima permisible  
Temperatura de inflamación  
No es inflamable  
Densidades de líquido y de vapor  
Se descompone con el calor  
Polimeriza y aumenta de volumen  
Es corrosivo  
Es tóxico  
Es congelante  
Efectos fisiológicos  
Primeros auxilios aplicables  
Materiales extintores aplicables  
Control como contaminante

cont. Fig. 22

## DE R R A M E S

Cuando hay un derrame de un producto químico se presentan riesgos, tanto por el material disperso como por el que haya quedado dentro del recipiente.

Las acciones inmediatas para controlar un derrame de material peligroso son básicamente:

- a) Retención por medio de diques o zanjas.
- b) Control de la dispersión por el aire aplicando una espuma o incorporando un sólido, para formar un lodo.
- c) Hacerlo reaccionar con otro producto químico para atenuar su riesgo.
- d) Remover el material.
- e) Controlar su escurrimiento a través de la tierra hasta receptáculos de agua.
- f) Controlar sus efectos si ha contaminado aguas.

## ORGANIZACION EN EMERGENCIAS

En una emergencia intervienen las autoridades civiles y militares, los bomberos, los técnicos de la industria y los técnicos del transporte. Para tomar decisiones, lo más acertadamente posible, y en forma rápida, es conveniente que los técnicos de la industria asuman la dirección y que los demás sectores den su apoyo de acuerdo con sus funciones.

Entre las medidas preventivas que deben tenerse en cuenta, están las siguientes:

- Con respecto al embarcador.

- Unidades de transporte en condiciones seguras
- Indicaciones y claves en las unidades
- Unidades adecuadas al material que contienen
- Control de llenado y sellado de cada unidad
- Control químico del material que lo requiera

- Con respecto al transportista.

- Inspeccionar adecuadamente las unidades
- Rechazar unidades que no se ajusten a especificaciones o que estén obsoletas
- Dar un manejo adecuado a las unidades
- Hacer una correcta formación de trenes
- Evitar demoras y rutas largas a las unidades

- Con respecto al destinatario.

- No demorar la recepción de los carros
- Colocar las indicaciones necesarias cuando se encuentren vacíos
- Llenarlos con gas inerte, en tal caso

Los carros-tanque están sujetos a especificaciones, tanto para su construcción como para su empleo. En México se siguen las normas de la Asociación Americana de Ferrocarriles (AAR) y del Departamento de Transportación (DOT), que ha incluido a las que anteriormente regían.

La clasificación general de los carros-tanque se resume en una forma simbólica que comprende:

- a) Las iniciales de la institución que autoriza
- b) La clase, indicada por un número
- c) Una letra, para el tipo de carro dentro de la clase
- d) La presión de prueba del tonel
- e) Material de construcción del tonel, e indicación de si es soldado, forjado, o de tipo especial.

Cada clase de carro está diseñado para el transporte de un determinado tipo de materiales, correspondiendo a ello también el tipo de domo que tiene. Como ejemplo tenemos:

Para amoníaco anhídrido: DOT 105 a 300 W; para el óxido de etileno: DOT 105 a 100 W; para el cloruro de vinilo: DPT 106 a 500 X, DOT 105 a 500 W; DOT 112 a 340 W; para gas L.P. DOT 105 a 300 W y DOT 106 a 500 W; para cloro DOT 105 a 500 W.

Un tipo de carro puede ser utilizado para diferentes materiales y un material puede manejarse en distintos carros, pero siempre estando sujetos a sus condiciones de gas licuado, líquido de alta vaporización, o líquido de baja vaporización, y también a sus características químicas. Para la correcta aplicación de las normas de seguridad debe consultarse lo dispuesto por los organismos que estudian, definen y rigen el uso de los carros-tanque.

Los riesgos que se presentan al atender una emergencia, no cesan hasta haber arreglado la unidad de transporte y haber controlado el material derramado.

El personal técnico que hace los arreglos o composturas, está directamente expuesto al riesgo y por lo mismo invariablemente debe estar bien protegido y tener las herramientas adecuadas, a fin de evitar accidentes personales. El atender una emergencia obliga a obedecer las reglas de seguridad en



mayor grado que en trabajos rutinarios. También es conveniente tener disponible elementos de botiquín suficientes para dar primeros auxilios incluyen atención a intoxicaciones y problemas de fallas respiratorias.

### III.11 RIESGOS POR RADIACION

Los riesgos por radiación, aun cuando no son evidentes en sus efectos inmediatos, como lo son otro tipo de riesgos, pueden causar lesiones generalizadas, y en muchas ocasiones la muerte.

En la siguiente tabla se muestra algunos de los tipos más importantes de radiación, y establece la relación entre la longitud de onda, la frecuencia, y la energía de la radiación.

RADIACION	FRECUENCIA/H <sub>Z</sub>	LONGITUD DE ONDA	ENERGIA	FUENTES DE RADIACION
GAMMA	10 <sup>21</sup>	CORTA	ALTA	FUENTES COSMICAS
RAYOS X	10 <sup>18</sup>			ATOMOS GOLPEADOS POR PARTICULAS CON ALTA ENERGIA
LUZ ULTRA-VIOLETA	10 <sup>15</sup>			GASES EXCITADOS
LUZ VISIBLE, E INFRAROJA	10 <sup>12</sup> -10 <sup>14</sup>			CUERPOS CALIENTES
MICROONDAS	10 <sup>9</sup>			GENERADOR DE MICROONDAS
ONDAS DE RADIO	10 <sup>6</sup>	LARGA	BAJA	TRANSMISORES DE RADIO

Tabla 10

En general hay una relación entre el nivel de riesgo y la energía de la radiación. Cantidades reducidas de una radiación de alta energía son peligrosas, mientras que cantidades grandes de otra radiación menos energética como la luz visible, son relativamente seguras en condiciones normales.

Para apreciar el nivel de riesgo es necesario considerar el tipo de radiación, la energía, el grado de penetración en los tejidos, y el tiempo de exposición. Esto es particularmente válido para el caso de radiación por partículas.

### III.11.1 RADIACION IONIZANTE.

Los flujos de partículas tales como los electrones, los protones, los neutrones, y las partículas alfa, son ejemplos de radiación por partículas. Estos tipos de radiación por partículas se concentran con frecuencia en las emisiones espontáneas de radiación procedentes de los materiales radiactivos. Otro tipo de radiación asociada con la radiactividad es la radiación gamma.

### RADIACIONES DE LOS NUCLEOS RADIATIVOS Y SUS CARACTERISTICAS PRINCIPALES.

**RADIACION ALFA.** Esta radiación está asociada con los flujos de partículas alfa, es decir, los núcleos de helio. Las partículas alfa son emitidas por cierto número de isotopos radiactivos, especialmente los que tienen elementos más pesados.

**RADIACION BETA.** Es la radiación causada por los electrones emitidos por el núcleo de los átomos radiactivos, y esta radiación es más penetrante que la radiación alfa.

**RADIACION GAMMA.** Esta es una radiación electromagnética en

cierta medida semejante a la radiación X. La radiación gamma se asocia frecuentemente con los procesos de desintegración radiactiva y con la emisión de radiaciones alfa y beta; puede tener varias amplitudes en cuanto a su energía, dependiendo de la fuente radiactiva de que procedan, y es muy penetrante. No es posible detener completamente una radiación gamma en la misma forma en que puede hacerse con otras radiaciones. La radiación gamma se reduce habitualmente mediante un material absorbente que la limita a niveles aceptables, pero sin llegar a ser absorbida completamente.

Los rayos X de alta energía, la radiación gamma ( $\gamma$ ), la radiación beta ( $\beta$ ), los protones, y las partículas alfa ( $\alpha$ ), pueden producir la ionización en átomos gaseosos y en átomos de sustancias biológicas. Un átomo queda ionizado cuando adquiere una carga eléctrica.

La radiación X de alta energía, y la radiación gamma, son capaces de penetrar profundamente el material biológico; las partículas beta penetran unos cuantos milímetros en el tejido, en tanto que las partículas alfa sólo penetran una fracción de milímetro.

#### MEDICION DE LA RADIACION IONIZANTE.

Los métodos utilizados para la observación y medición de la radiación dependen de las propiedades de la radiación.

La unidad más ampliamente usada es el Röntgen (R), y se define como la cantidad de radiación que produce un grado fijo de ionización en el aire. La cantidad de energía realmente absorbida durante la exposición a un Röntgen depende del material absorbente y de la energía de la radiación. Es habitual expresar la dosis absorbida en otra unidad asociada, el rad, siendo en este caso un rad el equivalente a la dosis absorbida de radiación de energía  $10^{-2} \text{ J Kg}^{-1}$  por el material absorbente. El rad es una

medida de la energía de radiación absorbida por el tejido, y es aplicable a todos los tipos de radiación ionizante. El rem (equivalente del rad en el hombre) es aquella dosis de radiación que produce efectos biológicos en el hombre equivalentes a un rad de rayos X.

La radiactividad se expresa habitualmente en Curies (Ci), siendo un curie la actividad de una fuente radiactiva que de  $3.7 \times 10^{20}$  desintegraciones por segundo.

Las unidades SI que están sustituyendo lentamente a las unidades tradicionales (el curie y el rad) son:

Dosis absorbida: 1 gray (Gy) =  $1 \text{ J Kg}^{-1}$  ( $= 10^2$  rad)

Radiactividad: 1 becquerel (Bq) = 1 desintegración por segundo, que es aproximadamente igual a  $27 \times 10^{-12}$  Ci.

Los seres humanos siempre han estado expuestos a un fondo de radiación natural que incluye tanto la radiación cósmica como las fuentes terrestres de radiactividad.

El hombre está expuesto a radiaciones externas e internas, tales como las del radio y el carbono 14 que se producen en la naturaleza, y pueden encontrarse en los alimentos, aunque en cantidades sumamente reducidas. Las dosis internas de radiactividad natural ocasionada por el carbono 14 es de aproximadamente 0.0016 rads por año.

La dosis externa debida a la radiactividad natural está en la gama de 0.04-0.16 rads por año. La dosis correspondiente a una exposición del pecho a los rayos X está en el orden de 0.04-1.0 rad.

#### EFFECTO BIOLÓGICO DE LAS RADIACIONES.

Sus efectos en los seres vivos, se manifiestan con cierto retra

so de acuerdo con la capacidad defensiva individual.

La amplitud del daño a los tejidos que puede producirse por exposición a la radiación ionizante depende de la cantidad de energía absorbida por el tejido. Esto se denomina frecuentemente "dosis de radiación" y puede expresarse como la energía absorbida por unidad de masa del tejido, esto es, el rad que antes se mencionó.

El mecanismo del efecto biológico se produce mediante la ionización y excitación del tejido. Un tejido que ha sido irradiado puede recibir daño por razón directa de la radiación en las células que cruza, o por la acción indirecta ocasionada por otras especies reactivas ocasionadas por la radiación.

Las radiaciones de origen nuclear y los rayos X al penetrar diferentes cuerpos amortiguan su movimiento pero causan diversas formas de inestabilidad en sus átomos y moléculas, convirtiendo a gran parte de ellos en iones químicos activos. La mayor ionización la producen los rayos alfa, después los rayos beta y finalmente los rayos gamma, en cambio su poder de penetración es en orden inverso. Los rayos X y los gamma tienen un alto poder de penetración.

Los compuestos orgánicos, que están constituidos por átomos de poco peso, rompen sus ligaduras atómicas y moleculares al ser penetrados por radiaciones ionizantes, esto mismo sucede en los tejidos vivos, en los cuales se alteran las soluciones intracelulares, se alteran las moléculas y se provocan procesos de crecimiento anormal.

Cada grupo celular tiene diferente sensibilidad a las radiaciones y una capacidad de recuperación también particular, pero en todo caso una exposición prolongada o frecuente, los daña definitivamente.

Los tejidos más sensibles son aquellos que se renuevan constantemente o que producen elementos celulares, como son: la médula ósea, cristalino, piel y los tejidos de los órganos reproductores donde se forman óvulos o espermatozoides. Una menor alteración se verifica en los huesos, músculo y tejido nervioso.

Es importante hacer notar que las radiaciones sobre los tejidos del cuerpo humano que producen elementos celulares reproductores pueden traer deformaciones en estos elementos y que los descendientes formados a partir de ellos pueden presentar defectos muy graves en su constitución física con repercusiones mentales. Igualmente un organismo infantil que esté en formación dentro del seno materno es muy sensible al efecto de las radiaciones ionizantes.

El ataque por radiaciones ionizantes puede provenir también por la ingestión, la inhalación y la absorción por la piel, de polvos, gases o vapores radiactivos y formar dentro del organismo una fuente de radiaciones.

Los efectos de la radiación procedente de fuentes radiactivas se resumen como sigue:

- a) Daño superficial a la piel.
- b) Algunos efectos más generales en el cuerpo, que reducen la expectativa de vida por debajo del promedio.
- c) Efectos específicos en ciertas partes del cuerpo, tales como la formación de cataratas.
- d) Los procesos normales en las células se interrumpen, pudiendo inducirse el cáncer.
- e) Efectos genéticos.

## PROTECCION DE LAS RADIACIONES.

En los lugares en que se trabaje con materiales radiactivos, debe haber una completa limpieza y buena ventilación. Los pisos y las paredes deben ser de materiales compactos, lisos e impermeables.

Para la seguridad de los trabajadores y de personas que tengan que circular por el área, es conveniente colocar indicaciones, símbolos y carteles que den a conocer el riesgo y su prevención.

Los trabajadores tienen que ser adiestrados cuidadosamente para el manejo de materiales peligrosos y otras operaciones que deban realizar, el área debe ser explorada periódicamente con los aparatos adecuados a fin de cerciorarse que no presenten riesgos. El personal debe someterse a exámenes periódicos y cumplir las reglas de seguridad que se le señalen. La ropa debe ser controlada; el aseo personal debe ser riguroso; y dentro de áreas riesgosas no deben tomarse bebidas ni alimentos.

En aparatos que tienen tubos de vacío, tales como microscopios electrónicos, tubos de rayos catódicos, rectificadores de alta tensión y los cinescopios de los televisores se producen rayos X, por lo cual debe tenerse cuidado en el uso de ellos.

En las industrias en que se monten y prueben aparatos con tubos de vacío que sean fuentes de radiaciones, también debe hacerse exploraciones para medir la intensidad de éstas en el área de actividades y en caso necesario, tomar las medidas higiénicas que se requiera para protección del personal. Igualmente el personal de laboratorios radiológicos debe ser protegido ampliamente contra los efectos de las radiaciones, ya que su exposición aunque sea de carácter leve, es generalmente continua.

Una importante línea de aparatos, de uso general que tiene

tubos de vacío de alto voltaje es la formada por los televisores. Estos aparatos en los cuales muchas veces se permanece delante de ellos varias horas, pueden llegar a presentar riesgos por las radiaciones emitidas en los rectificadores y en los cinescopios, cuyas tensiones van de 10,000 a 15,000 volts. Para evitar ese peligro es indispensable dar buen mantenimiento a los televisores y evitar ver muy de cerca la pantalla. En todo caso debe guardarse una distancia de 1.5 a 2 metros y no estar frente a ella de manera continua mucho tiempo.

### III.11.2 RADIACION NO IONIZANTE.

Las ondas hertzianas, en las que se incluyen las ondas de radio y las microondas, y la radiación infrarroja, pueden considerarse como generadores de un efecto equivalente al producido por el calor. Este efecto térmico es normalmente despreciable, no ocasionando por tanto riesgo alguno.

En el caso de las microondas, sin embargo, puede existir un peligro claro cuando interviene una elevada densidad de radiación. Hoy en día se usan ampliamente los hornos de microondas, si se les opera en forma correcta, estos hornos no suponen riesgos para el operador; por otro lado, el empleo incorrecto de la irradiación de microondas de alta intensidad puede ocasionar graves daños a los tejidos. En otras palabras, el tejido se "cocina" a temperaturas bajas, tales como 40 °C (313 °K), de tal forma que la víctima no percibe el peligro mientras el incidente se está ocasionando.

Las sobredosis de radiación infrarroja, asociadas con la exposición a un objeto caliente o a una llama, pueden ocasionar el tipo usual de quemadura. La exposición excesiva de los ojos a este tipo de radiación puede dar lugar a una forma de catarata.

La luz visible y la ultravioleta son benéficas para el hombre,



pero una sobreexposición puede ocasionar daños en los tejidos, la radiación ultravioleta en el intervalo de 220-260 nm, fácil de obtener con las lámparas de vapor de mercurio, con las lámparas de arco de xenón o hidrógeno, es altamente tóxica para las células del tejido humano. Los ácidos nucleicos de estas células absorben fuertemente la radiación que se produce en este intervalo del espectro. La misma radiación que ocasiona las quemaduras del sol en la piel, también pueden dar lugar a la inflamación de la córnea de los ojos. Todos los trabajadores expuestos a las fuentes ultravioleta deben usar gafas protectoras del tipo correcto. Como la penetración de la radiación ultravioleta es ligera, los efectos biológicos se limitan sobre todo a la superficie de los ojos y a la piel no protegida. Una exposición excesiva en los ojos produce efectos conocidos como "ojo de arco", "destello de soldador", y "ceguera de la nieve", semejantes a la sensación de tener granos de arena y con una tendencia a evitar la luz viva.

Los láseres y máseres son capaces de generar haces muy intensos de luz y microondas respectivamente, y debe tenerse el mayor cuidado cuando se utilicen dichas radiaciones. Los haces láser de alta intensidad pueden vaporizar los materiales utilizados como blanco. También pueden destruir selectivamente algunas partes de las estructuras celulares. Actualmente se utiliza ampliamente los láseres en los laboratorios de todo tipo. El haz láser está formado por un haz intenso de energía luminosa coherente. La palabra láser se deriva de las siglas "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation". La palabra máser se origina en forma análoga, sólo que la palabra "luz" es sustituida por la palabra "microondas".

#### PRECAUCIONES CONTRA LA RADIACION NO IONIZANTE.

Con respecto a la radiación infrarroja, el efecto habitual del calor sobre la piel puede evitarse mediante una protección adecuada. Los ojos pueden resultar dañados sin que se haya llegado a experimentar una

sensación normal de exceso de calor, y las personas que se encuentran en contacto directo con superficies y objetos calientes deberán utilizar gafas especiales que reduzcan la radiación infrarroja que llega a los ojos.

Los riesgos debidos a microondas son en cierta medida semejantes a los que corresponden a la exposición a la radiación infrarroja, salvo que la sensación de quemadura no está siempre presente.

Los hornos de microondas deben estar claramente marcados, y el modo de operarlo en forma correcta deberá aparecer en el aparato. Es necesario contar con un interruptor automático que evite que la radiación esté presente cuando se abra la puerta del horno.

Como los ojos corren más peligro, que el resto del cuerpo, los operadores deberán mantener la cara a una distancia razonable del horno cuando éste se encuentra en operación.

Con respecto a los haces láser, estos deberán ser manejados por personal especializado, los cuales deberán utilizar gafas protectoras especiales; además deberán colocarse anuncios donde se está utilizando estos haces de luz.

Las fuentes ultravioleta, tales como las lámparas de vapor de mercurio, deben estar protegidas para evitar daños a los ojos. Debe además utilizarse el tipo correcto de protección a los mismos. El daño a los ojos por radiación puede producirse también por la procedencia de los arcos y las chispas, y por lo tanto se requiere la protección de los ojos allí donde el riesgo de exposición es aparente, por ejemplo, cuando se utilizan espectógrafos de emisión o equipo para soldar.

### III.12 RIESGOS RELATIVOS A LOS MATERIALES BIOLÓGICOS

Es necesario mencionar los riesgos potenciales que involucra el trabajar con animales y microorganismos en el laboratorio. Estos riesgos pueden ir más allá de los trabajadores del laboratorio directamente implicados, alcanzando a personas y animales ajenos a la situación del trabajo.

Los microorganismos están presentes siempre. Lo están en la tierra, en el agua natural, en el aire, en los alimentos, en el hombre y en los animales; la mayoría son totalmente inofensivos, pero algunas bacterias son particularmente peligrosas y se les denomina patógenas. Patógeno significa capaz de causar enfermedades.

Las bacterias patógenas pueden estar presentes en el ambiente en cualquier momento, en concentraciones bajas por lo que no constituyen un problema aparente hasta que son capaces de multiplicarse al encontrarse en condiciones adecuadas. Por ejemplo un laboratorio en el que se cultivan bacterias inofensivas, puede constituir un lugar excelente para que crezcan las bacterias dañinas. **TODOS LOS MATERIALES BIOLÓGICOS DEBEN SER CONSIDERADOS COMO RIESGOS POTENCIALES.**

#### RIESGOS ESPECÍFICOS

##### ROTULACION DE LAS MUESTRAS

Todos los materiales deberán estar claramente rotulados, y aquellas muestras que sean o exista la posibilidad de ser peligrosas, deberán estar marcadas en la forma que indique el supervisor del laboratorio. El sistema para recepción, estudio científico, y eliminación de muestras,

debe ser bien claro, y practicado por todo el personal. Cuando se utilicen etiquetas para rotulado, deberán ser del tipo autoadherible.

#### ELIMINACION DE DESPERDICIOS

Los desperdicios, tales como los fragmentos de cristal, los escalpelos y las agujas, deben ser colocados, después de ser esterilizados, en los recipientes con que se cuente. Estos deberán ser rotulados. Además, deberán aplicarse procedimientos de esterilización en la zona de trabajo del laboratorio. Los materiales que deban ser incinerados habrán de ser colocados en bolsas de polietileno y llevadas al incinerador.

Todas las batas del laboratorio, así como las demás piezas de protección y equipo, deberán ser tratadas como parte del mobiliario del laboratorio, y no deberán salir nunca de la zona de trabajo. Deben ser sometidas a una limpieza y esterilización rutinarias. En las bolsas de las batas de laboratorio no deberán colocarse efectos personales.

#### INGESTION DE MATERIALES INFECCIOSOS

El comer, beber y fumar en las zonas de trabajo, deberá estar prohibido en todo momento. No deberá permitirse introducir alimentos y bebidas al laboratorio, ni siquiera cuando se encuentren protegidos en una caja para comida. Esto sólo será permitido en los recintos autorizados para tal fin. No deben tolerarse hábitos personales indeseables, tales como morderse las uñas, o chupar plumas o lápices. Es esencial un elevado estándar de higiene personal, practicado en todo momento por todo el personal.

Debe prohibirse el sacar líquidos por succión. Las pipetas deberán estar equipadas con dispositivos de seguridad, de tal manera que no

pueda hacerse el pipeteado por absorción, además deberán ser desinfectadas después de usarse.

El aerosol es una suspensión de partículas sumamente pequeñas, sólidas o líquidas, en el aire o en cualquier otro gas, y estas partículas son respiradas directamente hacia los pulmones, por lo que los aerosoles son especialmente peligrosos en lo que se refiere a microorganismos. Los aerosoles constituyen un medio mediante el cual puede dispersarse en el aire los microorganismos, siendo la inhalación del aire contaminado de esta manera una forma habitual de infección, estos no sólo se obtienen de recipientes para rociar, sino que pueden generarse cuando un gas pasa en burbujas a través de un líquido, o durante la transferencia de líquidos. Por ejemplo:

- Al quitar el tapón de una botella.
- Al abrir botellas que contienen líquidos, y que se encuentren éstos bajo una leve presión.
- Al trasvasar líquidos de una vasija a otra.
- Al remover mecánicamente los líquidos.
- Por el flujo rápido de aire sobre la superficie de un líquido.

Las operaciones de laboratorio se llevan a cabo mejor, aplicando sistemas de extracción adecuadamente proyectados, por ejemplo, gabinetes de seguridad operados a una presión ligeramente reducida, en los que se cuenta con un sistema de filtrado de aire.

#### AUTOINOCULACION

Puede ocurrir con facilidad mediante contacto cutáneo con un cultivo de microorganismos, al manejar piezas rotas de vidrio, o a consecuencia del mal manejo de instrumentos agudos, tales como las agujas, o los ins-

trumentos de disección. Este riesgo puede reducirse aplicando los procedimientos correctos y las necesarias medidas de precaución.

Todos los cortes y rasguños en las manos y brazos deberán cubrirse con adhesivos a base de agua antes de iniciar el trabajo. Se recomienda usar alguna forma de protección en los ojos, y máscaras que cubran boca y nariz, que disminuyan la posible entrada de bacterias.

#### MEDIDAS GENERALES DE PROTECCION

- Las especies experimentales del laboratorio deberán estar adecuadamente protegidas.
- Los organismos patógenos deben manejarse en laboratorios adecuadamente diseñados, y por un personal entrenado.
- Las medidas de protección personal deben incluir a todo el personal de limpieza.
  
- Deberán diseñarse y suministrarse las mejores instalaciones para lograr el mantenimiento de los niveles de higiene más elevados posibles; piezas para cambiar de ropa, instalaciones para lavado de manos, etc. Se recomienda emplear toallas de papel desechables, como método normal de limpieza.
- Cuando las condiciones locales lo requieran, deberán utilizarse ciertos elementos protectores, tales como las máscaras, los guantes quirúrgicos, la protección de los ojos, y las pantallas para la cara.

Se deberá contar con un registro total de todos los accidentes, indicando la naturaleza de los riesgos potenciales conocidos. Los cortes menores y los arañazos deberán considerarse como accidentes.

La esterilización de todo el equipo y de la ropa de trabajo constituye una necesidad absoluta, y se lleva a cabo mediante el uso del au-

toclave o de los reactores químicos adecuados. Debe recordarse que los esterilizantes químicos constituyen riesgos potenciales, y deben ser utilizados con cuidado.

Como ya se había mencionado los riesgos biológicos, se deben no sólo a la presencia de microorganismos patógenos en el medio ambiente circundante, sino también al manejo de animales experimentales, por lo que el mantenimiento de éstos, debe hacerse en instalaciones diseñadas específicamente para ese fin.

#### RIESGOS ESPECIFICOS Y MEDIDAS DE PRECAUCION

Las formas de posible contagio, o los riesgos implicados en el manejo de animales experimentales son:

1. El posible paso de una infección natural del animal al personal de laboratorio,

Este riesgo puede reducirse examinando los animales que llegan al laboratorio, para ver si están enfermos, conservándolos aislados durante algún tiempo.

2. La transmisión de la infección de los animales que han sido infectados deliberadamente durante un experimento.

Los animales experimentalmente infectados deberán ser aislados en "zonas restringidas" o confinados en gabinetes de seguridad. Además los trabajadores del laboratorio deberán utilizar ropas protectoras adecuadas; así mismo deberán tener cuidado de que no sean lesionados por mordiscos o arañazos (ya que puede ser el conducto de la infección).

3. Las reacciones alérgicas a consecuencia del pelo, plumas, polvo y ciertos hongos de los animales, las cuales son frecuentes.

La eliminación de desechos, debe hacerse de tal manera, para que fuera de las casetas de los animales no pueda en ningún caso producirse una infección.



## IV. INSPECCION TECNICA

### IV.1 CORROSION

Todos los metales muestran una tendencia a oxidarse o disolverse, y una vez que un mineral ha sido reducido para obtener un metal, todas las fuerzas de la naturaleza se unen para transformar el metal a su forma mineral o combinada, forma a la que originalmente fueron formados en la tierra.

Desde hace poco menos de 30 años, la Industria Petrolera reconoció los daños causados por la corrosión y destinó gran cantidad de sus recursos técnicos y económicos para reducir este fenómeno.

La corrosión en campos petroleros se manifiesta como fugas en tanques, conexiones, tuberías de revestimiento, líneas de tuberías y otros equipos. El metal básico desaparece debido a la corrosión cambiando a otro tipo de material.

El proceso de corrosión es la destrucción de los metales, la cual se inicia en la superficie. Esta destrucción puede ser de naturaleza química pero en muchos casos es electroquímica.

En términos generales la corrosión puede definirse como el proceso mediante el cual los materiales tienden a abandonar su estado metálico, para formar compuestos semejantes a aquellos en los que se les encuentra en su estado natural.

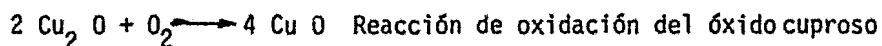
El empleo de los metales en la industria petrolera es muy variado y uno de sus usos principales es la construcción de ductos para conducir hidrocarburos, desde la cabeza de los pozos a las plantas de proceso y de éstas a las terminales de venta.

Los ductos pueden ser atacados tanto exterior como interiormente por la corrosión dependiendo del medio en que se encuentren instalados, de las características físicas y químicas del fluido conducido y del tipo de protección aplicada a ellos.

Es probable que las impurezas del metal y/o sus imperfecciones (marcas, rayaduras, grietas, golpes, etc.) contribuyan a la formación de áreas anódicas o catódicas en la superficie del metal.

#### ¿POR QUE SE CORROE EL METAL?

Cuando se combina un metal con un átomo o grupo molecular de oxígeno y pierde electrones tiene lugar una reacción de oxidación del metal, e implica la reducción de otra sustancia que gana electrones. Son ejemplos típicos:



Los minerales metálicos son generalmente óxidos y sulfuros que son más estables que los metales puros. Se requiere energía para reducir un mineral y producir el metal en los altos hornos.

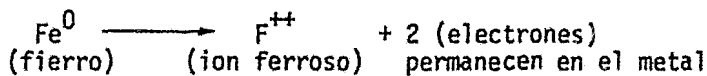
La mayor parte de los metales se comportan como combustibles y tienden a combinarse con oxígeno, azufre y otros elementos.

Estas reacciones de combinación de los metales producen calor o algunas otras formas de energía que cambian a los metales a compuestos más estables. Esta es una razón de porque se corroen los metales.

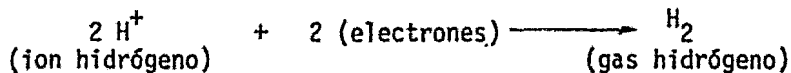
#### ¿COMO SE CORROE EL METAL?

La corrosión s olamente puede ocurrir en presencia de agua, como se dijo en un principio, es un proceso electroquímico por eso, se establecen dos tipos de reacción electroquímica que ocurren simultáneamente en dos diferentes lugares en la superficie del metal, y una corriente eléctrica fluye entre esos dos puntos denominados ánodo y cátodo.

Por ejemplo, en la corrosión del hierro en un ácido débil, el hierro va en solución como iones de hierro que corroen la superficie anódica, liberando dos electrones del hierro metálico.



Los electrones en el metal se moverán hacia el área catódica o no corroda y la corriente positiva se moverá del cátodo al ánodo. El ion hidrógeno en la solución se desprende del cátodo formando gas hidrógeno con burbujas.



Como se indicó previamente la presencia de agua hace posible el proceso de corrosión. Esto se debe a que el agua permite un flujo de corriente electrolítica debido a que contiene sales disueltas como cloruros, sulfatos o gases disueltos como sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), bióxido de carbono, bióxido de azufre o también oxígeno.

La Fig. 23 muestra el flujo de corriente eléctrica alrededor del metal descubierto en la superficie metálica.

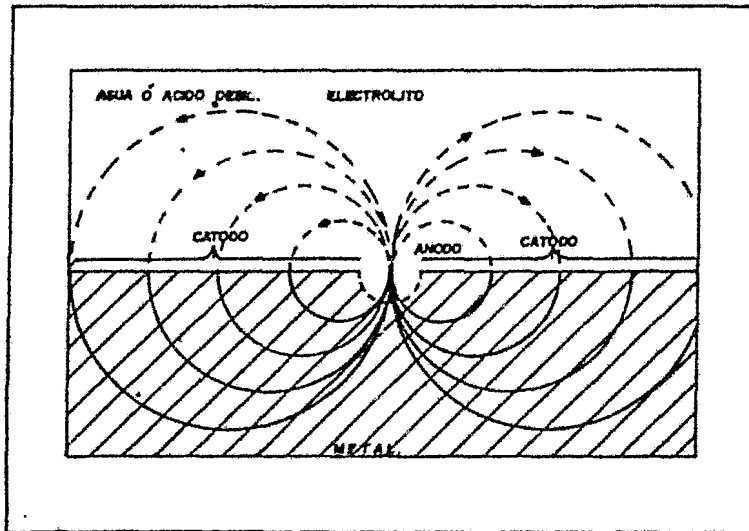


Fig. 23 Flujo de Corriente en un Agujero Corroído.

La cantidad de corriente eléctrica que abandona el ánodo puede medirse. Las libras de acero que se pierden en el ánodo son proporcionales a la corriente medida.

Un ampere de corriente fluyendo durante el periodo de un año puede desgastar 20 libras de acero.

#### TIPOS DE CORROSION EN TUBERIAS.

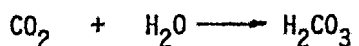
Para consideraciones prácticas, los tipos de corrosión que se ha encontrado en presencia de gas y condensado, se clasifican de acuerdo al medio corrosivo, en cinco tipos principales:

1. Corrosión dulce.
2. Corrosión amarga.

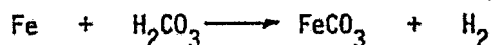
3. Corrosión por oxígeno.
4. Corrosión electroquímica.
5. Corrosión bacteriana.

1. Corrosión Dulce. La corrosión dulce se puede definir como aquella que ocurre en pozos donde los hidrocarburos producidos no contienen azufre; no se forman sulfuros de fierro como producto de corrosión; ésta es muy seria cuando el pozo produce cantidades considerables de agua salada.

El bióxido de carbono no es corrosivo en ausencia de agua o humedad, pero cuando está presente, el  $\text{CO}_2$  (bióxido de carbono) se disuelve para formar ácido carbónico.

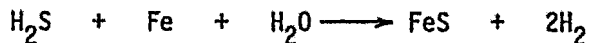


Este ácido causa una reducción en el P.H. del agua lo cual hace que en este medio sea muy corrosivo el metal.



La corrosión causada por el bióxido de carbono en ausencia de oxígeno, se caracteriza porque las superficies metálicas quedan limpias y brillantes, y las paredes son delgadas o muestran profundos surcos.

• 2. Corrosión Amarga. La corrosión amarga es debida a compuestos de azufre, principalmente al  $\text{H}_2\text{S}$  y en muchos casos la velocidad de reacción aumenta con el tiempo. El  $\text{H}_2\text{S}$  no es corrosivo si está seco, pero en presencia de agua o humedad lo es extremadamente, de acuerdo con la siguiente reacción:



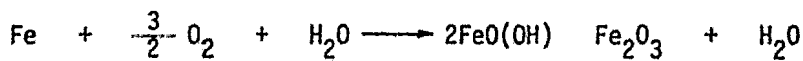
Esta reacción tiene un aspecto de costra negra lo cual hace que se acelere la reacción por ser costra catódica con respecto al hierro, esta reacción da por resultado picaduras en la superficie.

La mejor forma de determinar el grado de severidad de la corrosión es llevar un registro con las fallas del equipo el cual no solamente sirve para determinar el costo sino también para comparar los resultados antes y después de iniciar algún método para combatir el fenómeno.

3. Corrosión por oxígeno. Este tipo de corrosión es el más conocido, la velocidad de esta reacción varía, dependiendo de varios factores tales como la temperatura, la erosión de la superficie metálica característica de las costras de óxido, así como la presencia o ausencia de un electrolito, esta forma de corrosión es más severa en agua salada que en agua común.

Se desarrolla principalmente en los sistemas de inyección, instalaciones marinas y pozos productores poco profundos.

La reacción química de ataque es:



Este tipo de corrosión se identifica por  $\text{FeO(OH)}$  de color amarillento y el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de color naranja.

4. Corrosión Electroquímica. Es la que se presenta cuando un metal está en contacto con un medio acuoso. Existe, de acuerdo con la teoría de Harnest, una tendencia del metal a disolverse en iones metálicos cargados positivamente pasando al seno de la solución. Los componentes fundamentales de un sistema galvánico Fig.24 son el ánodo, el cátodo y el electrolito, en el cual deben estar sumergidos el ánodo y el cátodo, dependiendo

de las características cualitativas y cuantitativas de estos componentes, la actividad de un fenómeno de corrosión galvánica puede ser muy grande, dando lugar a daños fuertes, en períodos de tiempo muy breves.

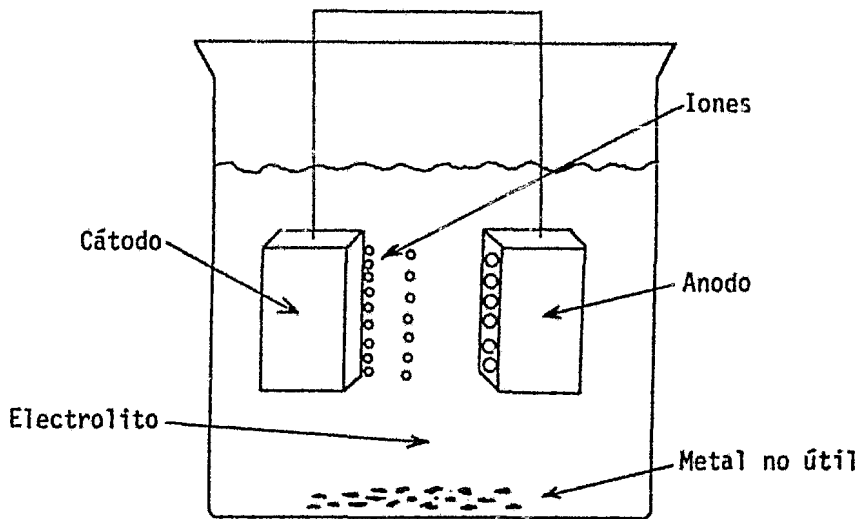


Fig. 24

Se puede fácilmente identificar los daños causados por corrosión galvánica, porque tiene la característica de mostrar fuertes pérdidas de metal en áreas algunas veces muy reducidas de un objeto metálico mientras que otras partes del mismo se muestran libres totalmente.

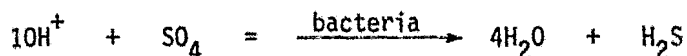
5. Corrosión Bacteriana. Los organismos que normalmente se encuentran en el agua pueden clasificarse en tres grandes grupos: algas, hongos y bacterias.

Las algas forman depósitos verdes o azul verdoso de consis-

tencia gelatinosa, algunas veces contienen sosa y yodo; los hongos producen un tipo de moho que se forma en la superficie de un cuerpo metálico por alteración química de su materia. La bacteria se considera como microorganismo viviente.

La corrosión bacteriana se realiza en dos pasos: en el primero la bacteria se alimenta de materia orgánica que contiene azufre transformándola en ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ); el segundo es, la destrucción lenta o acelerada del metal, por la acción del  $H_2S$  producido.

La reacción química que produce el  $H_2S$  es la siguiente:



Al reaccionar el  $H_2S$  con el hierro soluble en agua se forma un sulfuro de hierro, este sulfuro en forma de partículas finamente divididas, cubre parcialmente el resto del metal haciéndolo catódico.

#### IV.2 PROTECCION CATODICA

El daño por corrosión ocurre donde la corriente eléctrica descarga de un metal a un electrolito, por ejemplo de una tubería al suelo, de las paredes de un tanque de almacenamiento a el agua salada, o de las paredes de la tubería a la formación. Si se utiliza una fuente de fuerza eléctrica externa (Fig. 25) para causar una corriente contraria con suficiente voltaje para superar el voltaje de la celda de corrosión; la corriente de corrosión se suspende y la corrosión se detiene.



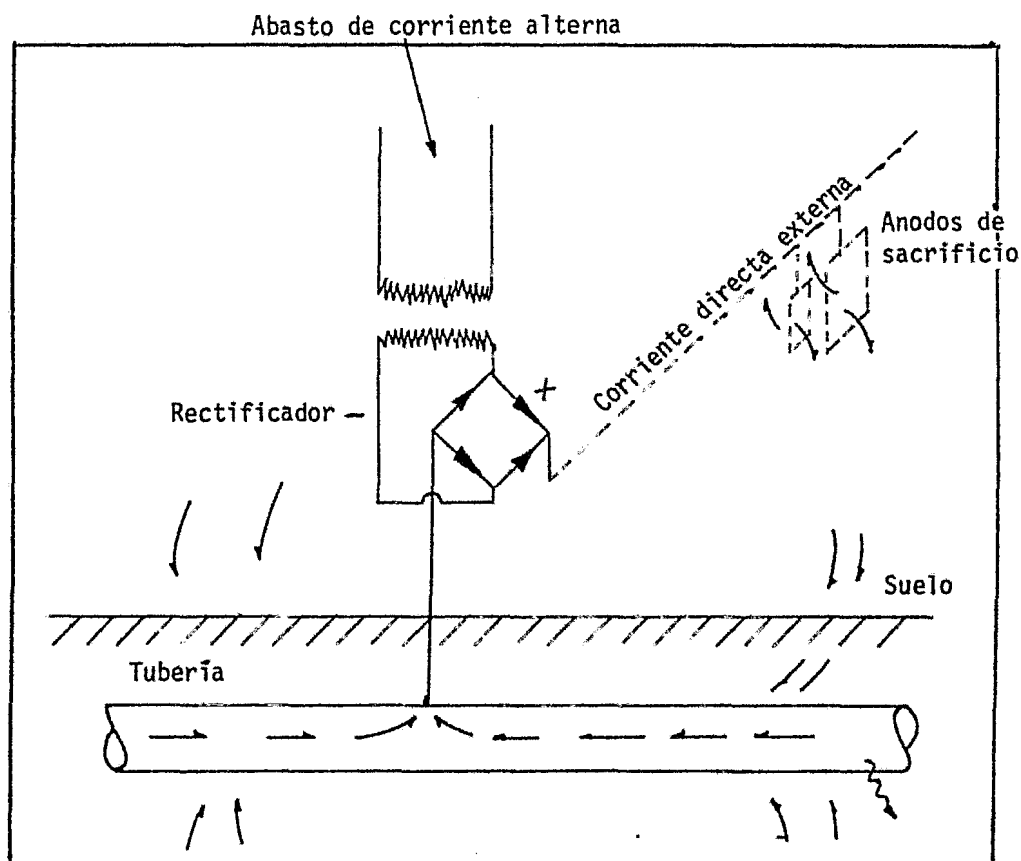


Fig. 25

A esta técnica se le denomina protección catódica, todo el acero viene a ser cátodo. Todas las áreas anódicas de antemano son suprimidas mientras una corriente adecuada es aplicada.

Como el flujo de corriente va hacia el acero, las burbujas de hidrógeno formadas en la superficie exterior del acero crean un voltaje contrario llamado polarización.

Esto causa que la corriente se expanda sobre la superficie ex

terior del acero y lo protega. La polarización puede ser medida indirectamente usando una celda de cobre-sulfato de cobre como un electrodo de referencia, la que se coloca en el electrolito y en contacto con la superficie de acero a través de un voltmetro (Fig.26).

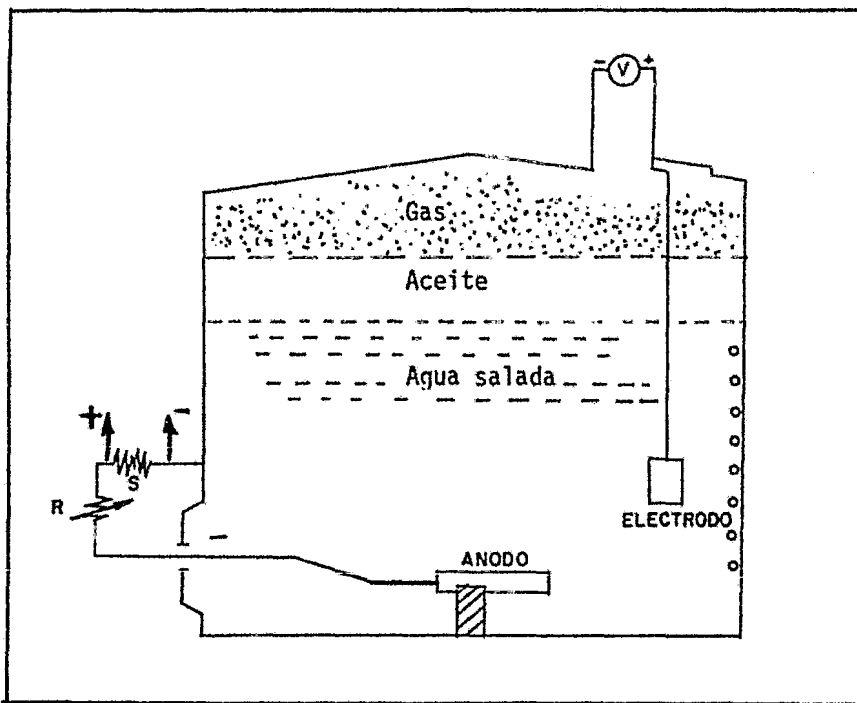


Fig. 26

Una lectura de voltaje entre 8.5 y 1.2 generalmente indica una protección adecuada. La protección interna en un tanque de 1000 Bls de agua salada a través del uso de un ánodo de magnesio-aluminio se ilustra en la Fig.26.

Estos ánodos de sacrificio deben ser sustituidos aproximadamente cada seis meses.

#### DISEÑO DE LA PROTECCION CATODICA.

Un sistema de protección catódica se diseña como una protección de ánodos o capas de ánodos en el suelo, lo cual proporciona la densidad de corriente mínima requerida para todas las partes de la estructura protegida. En una estructura revestida la corriente requerida no puede ser producida porque el área expuesta no es conocida, en estos casos se debe hacer mediciones de voltaje para fijar la corriente requerida y la localización del área de los ánodos.

En algunas estructuras, tales como tanques de agua salada, es fácil obtener la distribución uniforme de la corriente de un ánodo cerca del centro del tanque. La protección del interior de las líneas de tuberías no protegidas es prácticamente imposible excepto cuando son tuberías cortas, porque la corriente se extenderá solamente cerca de tres diámetros de tubería por el ánodo.

La corriente se extenderá mucho de un ánodo externo sobre una tubería no revestida, pero es mucho más económico aplicar un revestimiento aislante particular. En tubería revestida, la protección catódica es necesaria para prevenir el desarrollo de fugas en grietas y roturas formadas en el recubrimiento durante la instalación de la tubería. La protección catódica del acero, se extenderá por grandes distancias si las resistencias por medio de los revestimientos son altas.

Existen pocos riesgos en la protección catódica del acero; si la superficie está sobreprotegida, alguna fuerza es desperdiciada y algunos tipos de revestimiento pueden ser dañados, pero el acero no es afectado por

el exceso de productos alcalinos de la corriente. Y si el acero está solamente protegido cerca de la mitad, el valor de la corrosión será reducida aproximadamente a la mitad.

La protección catódica requiere corriente directa, la cual puede ser generada por ánodos galvánicos de zinc, magnesio o aluminio; el suelo y un rectificador; o alguna otra fuente de corriente directa. Los ánodos galvánicos son usados en tanques para agua, en la protección de líneas de tuberías, y en otras estructuras pequeñas, su conducción del voltaje es pequeña por lo tanto sólo protege áreas pequeñas de metal porque la producción de corriente es relativamente baja. Las aplicaciones están limitadas para suelos de bajas resistividades. Los ánodos de sacrificio se gastan durante el proyecto de corrosión y protección y deben ser periódicamente reemplazados.

**RECTIFICADOR Y LECHO DE ANODOS.** Una fuente externa de corriente alterna es usada con el rectificador y el suelo. El rectificador convierte la corriente alterna en corriente directa la cual es descargada hacia el suelo por un grupo de ánodos llamados lecho de ánodos. Los ánodos son generalmente de un material inerte, como por ejemplo el grafito. La corriente retorna de el metal o alguna estructura por una conexión eléctrica a un rectificador.

Este sistema puede desarrollar una alta conducción del voltaje y de la corriente, es apropiado para proteger grandes estructuras y para suelos de alta resistividad. Esta es la protección catódica adecuada para pozos de aceite.

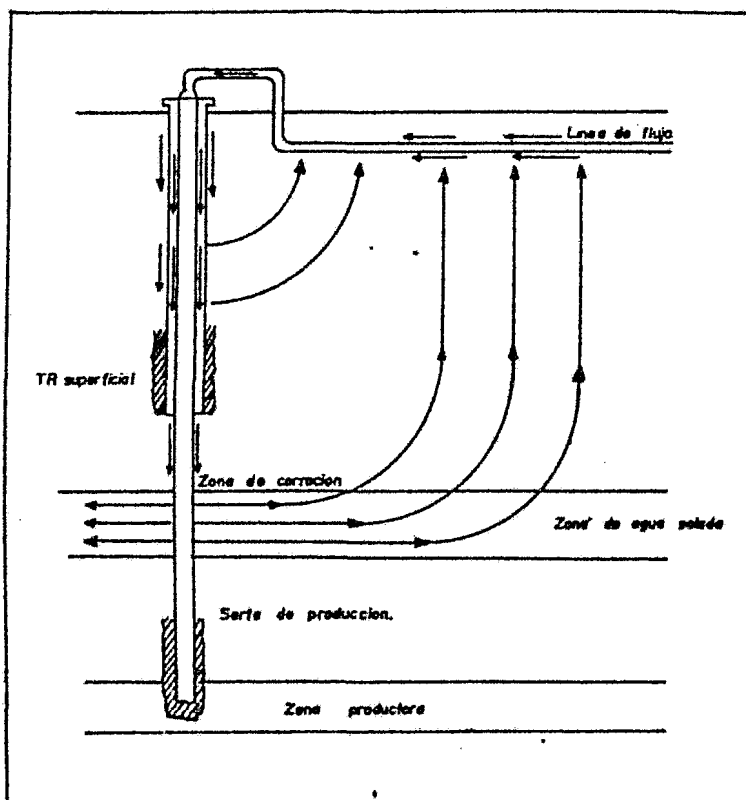
#### **PROTECCION EXTERNA DE TRs PARA POZOS.**

El primer paso en la protección externa de las TRs de pozos es, cementarlas bien en zonas de aguas saladas potencialmente corrosivas.

Aprovechar una alternativa menos efectiva en la colocación de un inhibidor en el lodo de circulación.

Mediciones de la corriente entre la línea de flujo y la cabeza del pozo muestran que esta corriente eléctrica está casi siempre fluyendo hacia la cabeza del pozo. Esta corriente fluye a través de la T.R. y entra a la formación en algún punto, la mayor parte de la corriente abandona la T. R. frente a las zonas de agua salada permeables y de alta resistividad.

La Fig.27 muestra un típico ciclo galvánico entre la T.R. y la línea de flujo. Si esta corriente es relativamente pequeña (0.1 ampere o menos), y sale de la T.R. a través de una área grande, el tiempo que se requiere para que cause fugas en la T.R. es grande. Sin embargo, si la corriente es de 1 ampere o más y sale de la T.R. a través de algunos agujeros, las fugas pronto ocurrirán. La T. R. se corroe a una velocidad de 20 Lb de fierro/año/ampere de corriente. La corriente de la línea de flujo hacia dentro del pozo puede ser eliminada a un bajo costo mediante la colocación de una junta aislante entre la línea de flujo y la cabeza del pozo. Como regla general, este aislante en la línea de flujo siempre deberá ser instalado en la cabeza del pozo.



FLUJO DE CORRIENTE ENTRE LA LINEA DE FLUJO Y UNA TR.

Fig. 27

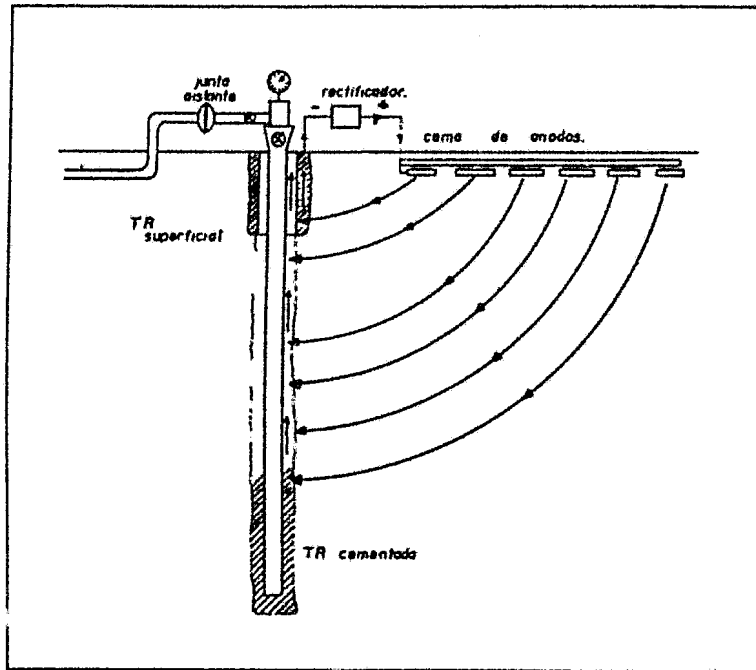
Antes de decidir, si se ha de aplicar la protección catódica a los pozos de algún campo en particular, se debe considerar los siguientes factores:

1. La historia de las fugas que se han presentado en el afea o en campos vecinos en condiciones similares.
2. ¿Qué sucede cuando una fuga ocurre? ¿Existen flujos de agua, gas o flujos de lodo hacia la T.R o hacia las zonas de baja presión cerca de la superficie?

3. Método y costo de reparación de las fugas de T.R.
4. La vida productiva del pozo y la producción esperada así como el costo de la protección catódica.
5. La probable efectividad de la protección catódica si es instalada.
6. El costo y la efectividad de las reparaciones posibles por reemplazo de tuberías y las recementaciones hacia la superficie.
7. La existencia de otros sistemas de protección catódica en el área.

#### INSTALACION DE LA PROTECCION CATODICA.

Una típica instalación de protección catódica para una T.R del pozo se muestra en la Fig. 28, la cual consiste de un rectificador conectado a una fuente de fuerza eléctrica; a una capa de ánodos en el suelo. Si no se dispone de una fuente de energía eléctrica en el pozo, se puede instalar líneas de distribución de electricidad o bien una pequeña unidad generadora puede ser usada como una fuente de energía eléctrica.



Instalación Típica de Protección Catódica para una Tubería de Revestimiento.

Fig. 28

En pozos poco profundos, es preferible usar ánodos de sacrificio de aluminio o zinc y con eso eliminar la necesidad de una fuente de energía externa. El desgaste estimado de los ánodos es el siguiente:

Zinc = 26 lb/ ampere año    Mg = 16 a 18 lb/ampere año

El costo del magnesio es casi dos veces mayor que el del zinc, sin embargo, el magnesio es algunas veces requerido para proveer suficiente corriente de flujo.



El voltaje o rectificador puede generalmente ser ajustado para requerimientos de 6 a 24 volts dependiendo de la corriente necesaria y la resistencia de la capa de ánodos en el suelo.

Esta capa debe ser construida para prevenir las pérdidas posibles de resistencia del suelo. Esta es la parte más importante de la instalación porque la mayor parte de la fuerza del rectificadores usada para vencer la resistencia eléctrica en la capa de ánodos, la que deberá ser colocada aproximadamente a 100 pies de la cabeza del pozo y se moverá posiblemente hasta la línea de flujo y otras líneas de tuberías. Si la capa de ánodos está más cerca de los 100 pies, más corriente entrará a la T.R a poca profundidad; sin embargo, si se coloca a distancias mayores de 100 pies de el pozo no mejorará apreciablemente la distribución de la corriente en la T.R.

Se debe proteger la parte inferior de la T. R y la parte superior de la misma debe sobreprotegerse, esto no daña a la T.R pero se desperdicia corriente eléctrica. La resistencia de la capa de ánodos será proporcional a la resistencia del suelo en la cual se encuentra enterrada. Generalmente se hace un balance económico entre la medida de la capa de ánodos y el costo de la energía eléctrica. Si la capa de ánodos está construida de un pedazo de tubería de fierro, el acero será consumido a la velocidad de 20 lb/año, por lo tanto se debe de reemplazar con bastante frecuencia.

### IV.3 RECIPIENTES A PRESION

En las plantas de proceso es necesario ocasionalmente sustituir recipientes desgastados o dañados, empleando otros recipientes que por diversas razones se tienen a la mano, algunas veces por haber sido dados de baja a causa de modificaciones de las instalaciones, cuando aún se encontraban relativamente en buen estado; otras veces, por ser recipientes nuevos, pero originalmente destinados a otro servicio, que desean utilizarse por razones de tiempo para sustituir los desgastados o dañados. También suele suceder que se desee construir pequeñas ampliaciones o modificaciones a los procesos existentes, que por su sencillez se llevan a cabo utilizando el material disponible que en general, fue diseñado para otros fines.

En los casos en que se desea utilizar recipientes a presión para un servicio distinto de aquél para el que fueron diseñados, la Dependencia que instale los recipientes mencionados, deberá solicitar del Departamento Local de Inspección o Seguridad, la revisión de esos recipientes, proporcionando a esta Dependencia, la información necesaria sobre el proceso o servicio en que se les va a utilizar; cuando esta información no exista, la Dependencia encargada de la instalación, llevará a efecto lo estipulado por esta norma.

No deberá instalarse nunca un recipiente a presión para un servicio distinto de aquél para el cual fue diseñado sin la aprobación del Departamento Local de Inspección y Seguridad. Una vez que esta Dependencia autorice la instalación del recipiente a las condiciones dadas, hará constar en una hoja de cálculos (fig. 29), los resultados básicos para comprobar que él mismo puede operar en las condiciones deseadas, sin que esto represente riesgo para la seguridad de las instalaciones y trabajadores.

S E R V I C I O				C L A V E			
PRESION DE DISEÑO	ESPECIFICACION DEL MATERIAL	ESFUERZO	RADIOGRAFIAS	ESFUERZOS RELEVADOS	EFICIENCIA DE LAS UNIONES		
TEMPERATURA DE DISEÑO	ENVOLVENTE		NO	SI	%		
MARGEN PARA CORROSION	CASQUETES		MUESTREO	NO	%		
OTROS MARGENES			100%				
DIAMETRO INTERIOR			SECCION				
RADIO DE LOS CASQUETES							
<b>CALCULO DE LA PRESION MAXIMA PERMISIBLE</b>							
<b>ENVOLVENTE</b>	ESPEJOR MINIMO ACTUAL	E.M.A = _____					
	MARGEN (CORROSION Y OTROS)	-C = _____					
	ESPEJOR DISPONIBLE	t = _____					
	t						
	R						
	0.6 t						
	R + 0.6 t						
		$P = \frac{SEt}{R+0.6t}$		= _____ lbs. x plg. <sup>2</sup>			
<b>CASQUETE TORIESFERICO</b>	ESPEJOR MINIMO ACTUAL	E.M.A = _____					
	MARGEN (CORROSION Y OTROS)	-C = _____					
	ESPEJOR DISPONIBLE	t = _____					
	t						
	0.885 L						
	0.1 t						
	0.885 L + 0.1 t						
		$P = \frac{SEt}{0.885L+0.1t}$		= _____ lbs. x plg. <sup>2</sup>			
<b>CASQUETE ELIPSOIDAL</b>	ESPEJOR MINIMO ACTUAL	E.M.A = _____		NOTA: PARA ESFERAS O CASQUETES ESFERICOS, USESE 'R' EN LA FORMULA EN LUGAR DE 'D'.			
	MARGEN (CORROSION Y OTROS)	-C = _____					
	ESPEJOR DISPONIBLE	t = _____					
	t						
	D						
	0.2 t						
	D + 0.2 t						
		$P = \frac{2SEt}{D+0.2t}$		= _____ lbs. x plg. <sup>2</sup>			
<b>TAPA PLANA</b>	ESPEJOR MINIMO ACTUAL	E.M.A = _____					
	MARGEN (CORROSION Y OTROS)	-C = _____					
	ESPEJOR DISPONIBLE	t = _____					
	t						
	d <sup>2</sup> C						
		$P = \frac{St^2}{d^2C}$		= _____ lbs. x plg. <sup>2</sup>			
PRESION DE TRABAJO MAXIMO PERMISIBLE _____		lbs. x plg. <sup>2</sup>		LIMITADA POR _____			
PRESION DE LA PRUEBA (HIDROSTATICA O NEUMATICA) _____		x _____		lbs. x plg. <sup>2</sup> = _____			
				kgs. x cm. <sup>2</sup> = _____			
				lbs. x plg. <sup>2</sup> = _____			
				kgs. x cm. <sup>2</sup> = _____			
<b>CALCULO DEL REFUERZO DE LOS REGISTROS</b>							
$A \leq A_1 + A_2 + A_3 + A_4$							
AREA DE REFUERZO REQUERIDA			A = _____				
AREA DEL EXCESO DE ESPESOR EN LA ENVOLVENTE O EN LOS CASQUETES (USE EL VALOR MAYOR).			A <sub>1</sub> = _____				
AREA DEL EXCESO DE ESPESOR EN LA PARED DE LA BOQUILLA (USE EL VALOR MENOR)			A <sub>2</sub> = _____				
AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DE LAS SOLDADURAS			A <sub>3</sub> = _____				
AREA DEL REFUERZO _____			A <sub>4</sub> = _____				
AREA TOTAL DISPONIBLE _____			A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub> + A <sub>3</sub> + A <sub>4</sub> = _____				

Fig. 29

## MARGENES PARA CORROSION

Cuando un recipiente cambie de servicio, al verificar si su diseño es adecuado para las nuevas condiciones de operación, debe considerarse un margen de corrosión conveniente en las paredes de sus diversas partes. Este margen de corrosión puede tener valores distintos para diferentes partes del recipiente.

Una vez que se conozca con precisión la velocidad de corrosión a las nuevas condiciones de trabajo, el margen de corrosión deberá ser igual a la velocidad del desgaste multiplicada por la vida estimada del recipiente en servicio.

Cuando no se conozca con exactitud la rapidez de desgaste, el margen de corrosión deberá establecerse con base en la estimación de los mejores datos disponibles. Ejemplo:

Rapidez. de desgaste	Margen de Corrosión (mínimo)
baja	1/16"
media	--

También deberá verificarse que los dispositivos de alivio sean de capacidad, características y presión de relevo adecuados para las nuevas condiciones de servicio.

Una vez descontado el margen de corrosión, se utilizará el resto del espesor como espesor disponible para soportar la presión interior. El recipiente sólo podrá ser utilizado en el nuevo servicio cuando la presión máxima permisible sea superior a la presión de diseño para las nuevas condiciones de operación.

Al llevar a cabo la inspección y los cálculos correspondientes, deberán atenderse por lo menos los puntos indicados en la fig. 30, en todo aquello aplicable al caso particular, utilizando para los cálculos las fórmulas que más adelante se indican.

## SISTEMAS DE REVISION Y CALCULO

### I. ESFUERZOS PERMISIBLES

Cuerpos cilíndricos, esféricos y cabezas semiesféricas sujetas a presión interna.

La máxima presión permisible en los recipientes cilíndricos está dada por la expresión siguiente:

$$P = \frac{SE}{R + 0.6t}$$

donde:

t = espesor mínimo (pg)

P = presión permisible de diseño (lb/pg<sup>2</sup>)

S = esfuerzo permisible máximo (lb/pg<sup>2</sup>)

E = eficiencia de las uniones

R = radio interno del cuerpo antes del margen de corrosión (pg)

Esta expresión se aplica si  $t \leq 1/2 R$  o  $P \leq 0.385 SE$

En el caso de recipientes esféricos o casquetes semiesféricos la máxima presión admisible está dada por:

$$P = \frac{2 SET}{R + 0.2 t}$$

Se aplica cuando  $t \leq 0.356 R$  o  $P \leq 0.665 SE$ . Los esfuerzos máximos permisibles para cada material se tomarán del Código ASME (AMERICAN SOCIETY MECHANICAL ENGINEERING). Sección VIII División 1 Casquetes Elipsoidales Sometidos a Presión Interna.-

La presión máxima permisible en el interior de casquetes elipsoidales, cuando la relación entre los ejes es 2:1 se calcula con la siguiente expresión:

$$P = \frac{2 SET}{D + 0.2 t}$$

donde:

D = diámetro interior del casquete en la unión circunferencial  
(pg)

En todo caso, el espesor no será menor que el requerido para un casquete semiesférico sin costura, dividido entre la eficiencia de la unión, entre el casquete y el cuerpo del recipiente.

Cabezas toriesféricas sometidas a presión interna.-

La máxima presión permisible para el recipiente, cuando la relación entre los radios de la corona y la sección de transición sea de 100:6

(cabeza toriesférica estándar ASME), está dada por la siguiente fórmula.

$$P = \frac{SET}{0.885L + 0.1t}$$

donde:

L = radio interior de la corona. (pg)

Los casquetes toriesféricos deben tener también el espesor mínimo indicado anteriormente para los casquetes elípticos.

Tapas Planas sin Refuerzos Sujetos a Presión.-

El valor máximo permisible de presión de una tapa sujeta a presión está dado por:

$$P = \frac{St^2}{D^2C}$$

donde:

t = espesor mínimo de la tapa (pg)

D = diámetro interior (pg)

S = espesor máximo permisible (lb/pg<sup>2</sup>)

C = CTTE. Que depende del tipo de construcción, cuyo valor se especifica en el Código ASME.

Casquetes Cónicos y Toricónicos Sujetos a Presión Interna.-

Los casquetes cónicos podrán trabajarse a una presión máxima permisible dada por la siguiente expresión, siempre que el ángulo del vértice no sea mayor de 60°

$$P = \frac{2 SET \cos \alpha}{D + 1.2 t \cos \alpha}$$

donde:

$\alpha$  = la mitad del ángulo del vértice.

Cuando el ángulo en el vértice sea mayor de 60° la cabeza deberá ser toricónica.

Los casquetes toricónicos podrán trabajar a la presión máxima permisible dada por la fórmula siguiente:

$$P = \frac{2 SET \cos \alpha}{D_1 + 1.2 t \cos \alpha}$$

donde:

$D_1$  = diámetro interior de la parte cónica en el punto de tangencia a la sección de transición. (pg)

La zona de transición de los casquetes toricónicos deberá tener un espesor dado por la siguiente fórmula

$$t_k = \frac{PLM}{2 SE - 0.2 P}$$

donde:

M = factor que depende de la proporción de la cabeza L/r

r = radio de la sección de transición (pg).



### Espesores Míminos de Placa (Acero al Carbón o Baja Aleación).-

Los espesores mńnimos de pared que son aceptables en un recipiente, tanto en las partes cilńndricas como en los casquetes, una vez descontado el margen para corrosi3n son los siguientes:

- a) En recipientes soldados 3/32"
- b) En recipientes remachados 3/16"
- c) Para domos de calderas sin contacto con el fuego 1/4".

Como nota adicional, las conexiones con bridas atornilladas sujetas a presi3n interna, deberń satisfacer los requisitos estipulados en los pńrrafos UA-45 hasta UA-55 del C3digo ASME. Las bridas deberń satisfacer los requisitos dimensionales de estńndares aceptados comunmente como por ejemplo el C3digo ASA B16.5.

Terminaciones bisceladas con varios cordones de soldadura:

Si la soldadura fue totalmente radiografiada y relevada de esfuerzos:  $E = 1.00$

Si s3lo se releva esfuerzos:  $E = 0.85$

Si s3lo se radiografa y por segmentos:  $E = 0.70$

Ejemplo.

Calcular el espesor de un recipiente con una  $P_{op} = 1500$  psi a una temperatura de 500 °F cuyas dimensiones son 18 pg. de dińmetro interno; casquetes toriesf3ricos con  $L = 36$  pg. y estń construido con acero al carb3n ASTM-SA 385 B (indica especificaci3n del material).

Datos:

$S = 12\ 500$  psi

$$E = 0.85$$

$$P = P_{op} + 10\% = 1500 + 150 = 1650 \text{ (lb/pg}^2\text{)}$$

$P_{op}$  = Presión máxima de operación.

a) Espesor del cuerpo:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{(1650)(9)}{(12500)(0.85) - (0.6)(1650)} = 1.54 \text{ pg}$$

b) Espesor de los casquetes.

$$t = \frac{0.885 PL}{SE - 0.1P} = \frac{(0.885)(1650)(36)}{(12500)(0.85) - (0.1)(1650)} = 5.02 \text{ pg}$$

Suponiendo velocidad de corrosión o de desgaste anual igual a 0.010 pg/año, entonces en 10 años será 0.10 pg. Para el cuerpo del recipiente tenemos entonces:

$$1.54 + \begin{matrix} 0.1 \\ \text{margen de corrosion} \end{matrix} = \begin{matrix} 1.64 \\ \text{espesor total del} \\ \text{recipiente} \end{matrix}$$

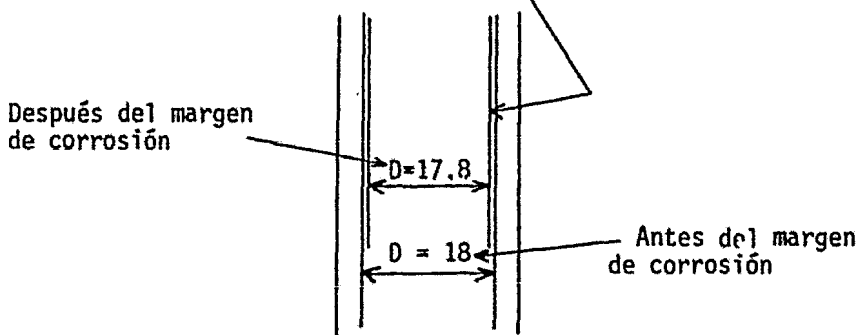
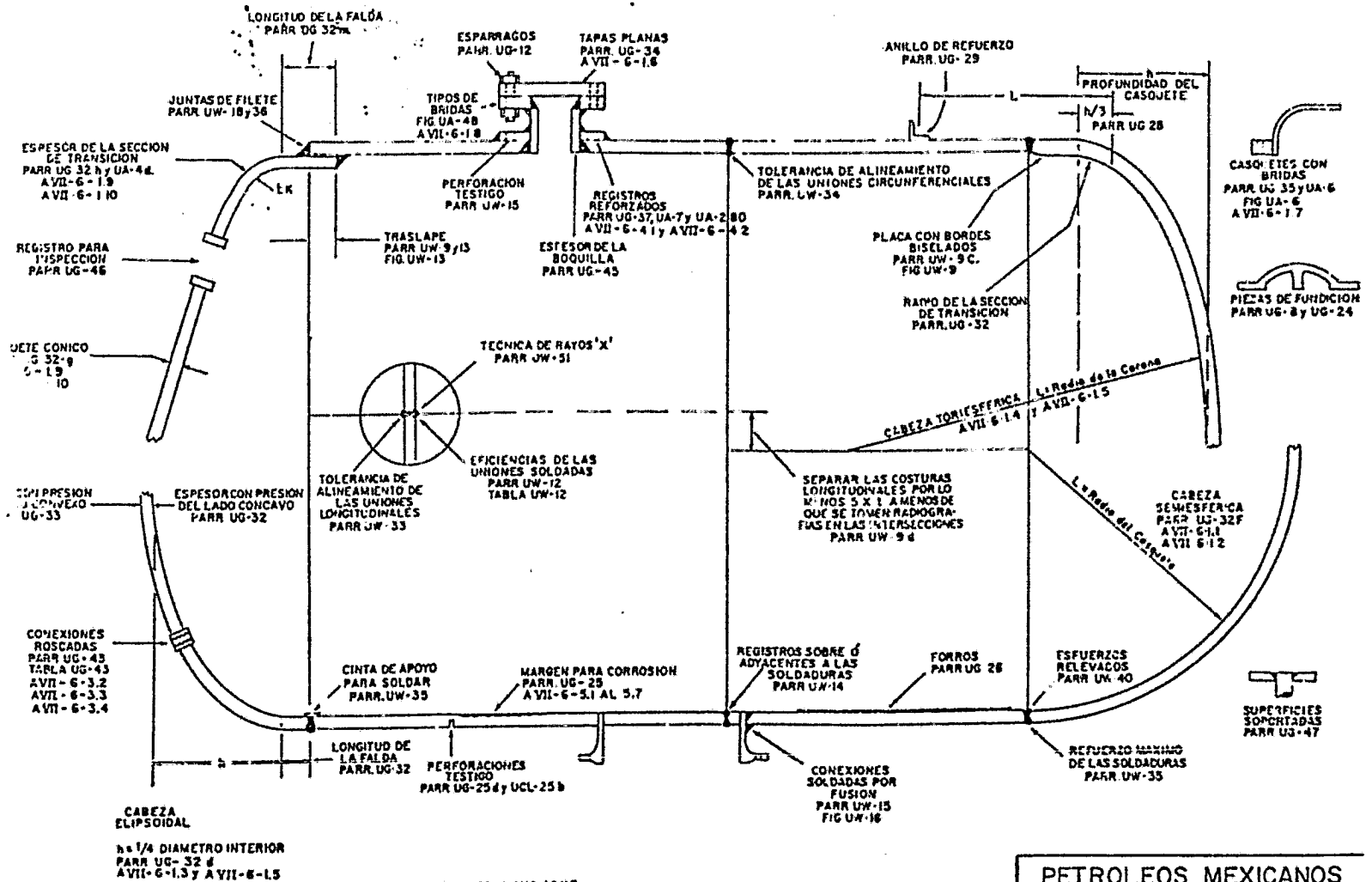


Fig. 30



SI REFERENCIAS A LAS NOMBRAS SE MENCIONAN EN PRIMER LUGAR, LOS PARRAFOS O FIGURAS DEL CAPITULO AS M.E, CUANDO LUGAR LOS PARRAFOS CORRESPONDIENTES DEL CAPITULO NUMERO 2 DE ESTA NORMA.

PETROLEOS MEXICANOS  
NORMAS DE SEGURIDAD  
REVISION de RECIPIENTES  
para CAMBIO de SERVICIO

## V. PRIMEROS AUXILIOS

La finalidad de un programa de prevención de accidentes, es poner término a los accidentes (y exposiciones) que puedan ocasionar daños, eliminando para ello los riesgos, protegiendo al trabajador y promoviendo las prácticas seguras. Sin embargo, ningún programa ha tenido éxito en cuanto a eliminar por completo los accidentes, por lo cual es necesario y benéfico proporcionar el mejor tratamiento posible a las víctimas. Esto su pone instalaciones para primeros auxilios y adiestramientos en los mismos. Los primeros auxilios son las atenciones inmediatas y temporales a una persona víctima de un accidente o enfermedad súbita, para que pueda llegar con el médico en iguales o mejores condiciones.

Todo programa de primeros auxilios busca el tratamiento más adecuado para toda clase de daños que puedan tener lugar a pesar del esfuerzo hecho para evitarlos.

El propósito de las instalaciones de primeros auxilios es, dar tratamiento inmediato a quienes han resultado heridos en el curso de sus labores.

Es de primordial importancia para una satisfactoria operación del servicio de primeros auxilios, tener en cuenta los siguientes aspectos.

1. Contar con personal competente.
2. Local y equipo adecuados.
3. Organización y registros apropiados.
4. Cooperación de los trabajadores.

PERSONAL ADECUADO Y COMPETENTE. El idóneo sería el representado por una enfermera titulada y de planta, o sea de tiempo completo; cuando esto no fuera posible, lo más conveniente será escoger un suficiente número de trabajada

dores, para que tomen un curso normal de primeros auxilios y realicen esta labor. Al seleccionarlos se atenderá a la necesidad de que al menos uno de ellos esté siempre disponible en las horas de trabajo. Esto es el mínimo considerado satisfactorio.

Objetivos del socorrista:

- Procurar la atención médica.
- Evitar que se agrave la condición de la víctima.
- Proveer ayuda eficaz.

Actitudes del socorrista:

- Actuar fría y serenamente.
- Asumir el mando.
- Retirar a los curiosos.
- Llamar a los servicios de emergencia.
- Infundir ánimo al lesionado.
- Aflojar las ropas de la víctima.
- Evitar que vea sus lesiones y las de los demás.
- Colocarla en posición cómoda.
- Movilizarla con la técnica apropiada.
- Evitar comentarios.
- Comportarse siempre profesionalmente.

LOCAL Y EQUIPO. Se debe contar con un local para primeros auxilios, el que debe estar acondicionado en forma adecuada; tener buena iluminación, mantenerse en un estado de perfecta limpieza y orden, y estar ubicado cerca de

## V. PRIMEROS AUXILIOS

La finalidad de un programa de prevención de accidentes, es poner término a los accidentes (y exposiciones) que puedan ocasionar daños, eliminando para ello los riesgos, protegiendo al trabajador y promoviendo las prácticas seguras. Sin embargo, ningún programa ha tenido éxito en cuanto a eliminar por completo los accidentes, por lo cual es necesario y benéfico proporcionar el mejor tratamiento posible a las víctimas. Esto supone instalaciones para primeros auxilios y adiestramientos en los mismos. Los primeros auxilios son las atenciones inmediatas y temporales a una persona víctima de un accidente o enfermedad súbita, para que pueda llegar con el médico en iguales o mejores condiciones.

Todo programa de primeros auxilios busca el tratamiento más adecuado para toda clase de daños que puedan tener lugar a pesar del esfuerzo hecho para evitarlos.

El propósito de las instalaciones de primeros auxilios es, dar tratamiento inmediato a quienes han resultado heridos en el curso de sus labores.

Es de primordial importancia para una satisfactoria operación del servicio de primeros auxilios, tener en cuenta los siguientes aspectos.

1. Contar con personal competente.
2. Local y equipo adecuados.
3. Organización y registros apropiados.
4. Cooperación de los trabajadores.

PERSONAL ADECUADO Y COMPETENTE. El idóneo sería el representado por una enfermera titulada y de planta, o sea de tiempo completo; cuando esto no fuera posible, lo más conveniente será escoger un suficiente número de trabajadores

dores, para que tomen un curso normal de primeros auxilios y realicen esta labor. Al seleccionarlos se atenderá a la necesidad de que al menos uno de ellos esté siempre disponible en las horas de trabajo. Esto es el mínimo considerado satisfactorio.

Objetivos del socorrista:

- Procurar la atención médica.
- Evitar que se agrave la condición de la víctima.
- Proveer ayuda eficaz.

Actitudes del socorrista:

- Actuar fría y serenamente.
- Asumir el mando.
- Retirar a los curiosos.
- Llamar a los servicios de emergencia.
- Infundir ánimo al lesionado.
- Aflojar las ropas de la víctima.
- Evitar que vea sus lesiones y las de los demás.
- Colocarla en posición cómoda.
- Movilizarla con la técnica apropiada.
- Evitar comentarios.
- Comportarse siempre profesionalmente.

LOCAL Y EQUIPO. Se debe contar con un local para primeros auxilios, el que debe estar acondicionado en forma adecuada; tener buena iluminación, mantenerse en un estado de perfecta limpieza y orden, y estar ubicado cerca de

las instalaciones higiénicas.

ORGANIZACION Y REGISTROS. Debe seguirse un procedimiento definido en caso de un daño, el cual debe ser bien comprendido. Los daños pueden agravarse debido a un equivocado manejo o a una demora innecesaria, o a ambos motivos. Debido a esto, los supervisores deberán estar bien instruidos y de preferencia deberán tomar un curso de primeros auxilios. Aun cuando capataces y trabajadores saben de una manera superficial los peligros que entrañan las infecciones, por lo común no se consigue que acudan oportunamente a recibir tratamiento médico, a menos que se les insista a que lo hagan, es por eso que se debe suministrar instrucciones definidas en cuanto al procedimiento a seguir, y mantenerlos atentos a que se observen dichas instrucciones.

COOPERACION DE LOS TRABAJADORES. Los trabajadores no entienden bien el peligro de una infección y debe insistirse en que no dejen de acudir a tratar se todo daño menor. Esto puede lograrse llevando a cabo:

- Continua supervisión, educación e instrucciones por parte de los capataces.
- Constante campaña informativa por parte del personal de primeros auxilios.
- Empleo persistente de carteles, literatura, juntas de seguridad y otros medios educativos y estimulantes.

ADIESTRAMIENTO EN PRIMEROS AUXILIOS.

Este adiestramiento tiene por objetivo principal el instruir al personal a fin de que, cuando tenga lugar un accidente, su gravedad pueda ser controlada mediante una atención apropiada al empleado lesionado. Un buen programa de entrenamiento, tiene un segundo y quizá más importante objetivo que el del simple tratamiento de los daños; el hecho mismo de que



los trabajadores sean preparados para atender accidentes, acarreará una reacción beneficiosa de su parte, consistente en un mayor interés en evitar que ocurran.

Una de las condiciones fundamentales de todo programa de seguridad, es el mantenimiento del interés activo de cada trabajador en su propia seguridad, así como en la de sus compañeros. Se ha demostrado que un buen programa de adiestramiento en primeros auxilios sirve, en muchos casos, para mejorar el espíritu de seguridad en el grupo. Un programa así suministra conocimientos respecto a los distintos tipos de daños, el efecto de estos en la persona y el tratamiento requerido para cada clase de daño.

Debe subrayarse, de manera especial cuando se hable con los trabajadores sobre los daños, los trágicos resultados que producen los accidentes. La impresión que se cause en quienes asistan al curso, es excelente desde el punto de vista de la psicología de seguridad. Se ha observado que este factor hace que se tenga un pronunciado descenso en los índices de frecuencia, inmediatamente después de que ha llegado a su fin un curso intensivo de primeros auxilios.

Un programa bien planeado de primeros auxilios, proporcionará, entre otras ventajas, un mejor conocimiento de la estructura del organismo humano y de sus limitaciones, además de que evita que ocurran mayores daños al trabajador que sufrió un accidente mediante la adecuada atención que se le proporcione y la forma en que se le maneje inmediatamente después de recibido el daño.

La experiencia ha demostrado que es factible despertar un mayor interés en los trabajadores tocante a la necesidad de tomar el curso, si el problema se enfoca desde varios ángulos. Conviene hacer resaltar los beneficios que le reportará el efectuar la operación. La idea de poseer conocimientos que capaciten para actuar en forma adecuada al presentarse una

situación de urgencia, sea en el trabajo, en la calle o carretera, o en el seno de la propia familia, constituye un atractivo lo bastante estimulante para hacer que los trabajadores se decidan espontáneamente a participar en el adiestramiento.

Hay algo en lo que conviene poner mucho cuidado al implantar esta clase de curso, y es la elección del instructor. Gran parte del éxito que puedan tener éstos dependerá de quién imparta las clases.

Existe otro aspecto de importancia y es determinar hasta donde deberá llegar el curso; generalmente conviene que todo trabajador posea un conocimiento general respecto a qué hacer y que no hacer en caso de daño.

Las situaciones de aplicación de los primeros auxilios son:

- Paro cardíaco y/o respiratorio.
- Hemorragias.
- Fracturas.
- Quemaduras.
- Shock.
- Traslado de la víctima.

Es posible tomar cursos breves de primeros auxilios en muchas instituciones del país, logrando calificarse como prestador de primeros auxilios.

En muchas ocasiones, se requiere una acción inmediata para minimizar el daño, o incluso evitar que produzca la muerte del accidentado. Es en estos casos en que puede resultar de particular importancia la prestación de primeros auxilios por alguien entrenado para darlos.

Con respecto a los botiquines de primeros auxilios, estos

deberán conservarse totalmente dotados y es importante por ello que una persona responsable tenga a su cargo cada botiquín, además deben estar fácilmente accesibles. El contenido mínimo de un botiquín es, por lo menos:

- Un folleto sobre primeros auxilios.
- Doce vendajes para dedos, esterilizados y sin medicina.
- Seis vendajes de tamaño intermedio para manos y pies, esterilizados y sin medicina.
- Seis vendajes grandes, esterilizados y sin medicina, para uso general.
- Veinticuatro vendajes adhesivos para heridas, de tipo aprobado y en tamaños surtidos.
- Cuatro bandas triangulares de tela de algodón blanco, de tamaño adecuado.
- Una cantidad suficiente de emplasto adhesivo.
- Una cantidad suficiente de algodón absorbente esterilizado, en paquetes de 14 gramos.
- Pomada para los ojos en un recipiente aprobado.
- Cuatro almohadillas para los ojos en paquetes sellados.
- Imperdibles. (Seguros)

#### SIGNOS Y SINTOMAS.

Al atender a una víctima, el socorrista debe recordar:

Signos. Es lo que el socorrista puede observar.

Síntomas. Es lo que siente el paciente.

### Signos Vitales:

1. Pulso (60 - 80/min. - adulto - normal, persona quieta).
2. Respiración (12 - 18 inhalaciones/min. en adulto).
3. Reflejos (reacción pupilar - contracción de la parte negra de la pupila).
4. Temperatura (36.5 - forma bucal).
5. Presión arterial (120 P max/80 P min mm Hg - de acuerdo a la edad).

### Signos Auxiliares:

1. Color de la piel.
2. Estado de conciencia.
3. Reacción al dolor.

Los ejemplos que se muestran en seguida muestran la forma en que un poco de conocimiento y habilidad puede evitar que se produzcan lesiones o daños graves. Esta breve descripción de los primeros auxilios NO puede sustituir de ninguna manera al curso de primeros auxilios.



1 Inclinación su cabeza hacia atrás



2 Escuchar, observando si respira.



3 Si respira dar vuelta al paciente suavemente, hasta que casi se encuentre boca abajo

4 Cubrirlo con una manta.

Fig. 31 Tratamiento de la persona inconsciente



Fig. 32 Tratamiento del shock.



Fig. 33 Fractura de huesos.

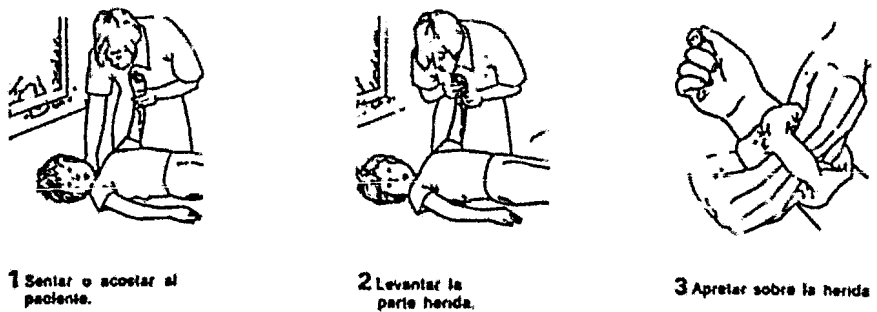
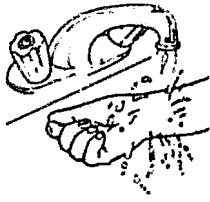
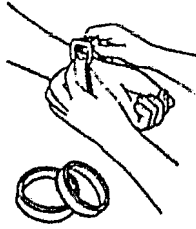


Fig. 34 Hemorragias Graves.



1 Enfrir la quemadura con agua fría, durante aproximadamente 10 minutos.



2 Si la herida es en la mano o en brazo quitar anillos, reloj, pulseras, etc.



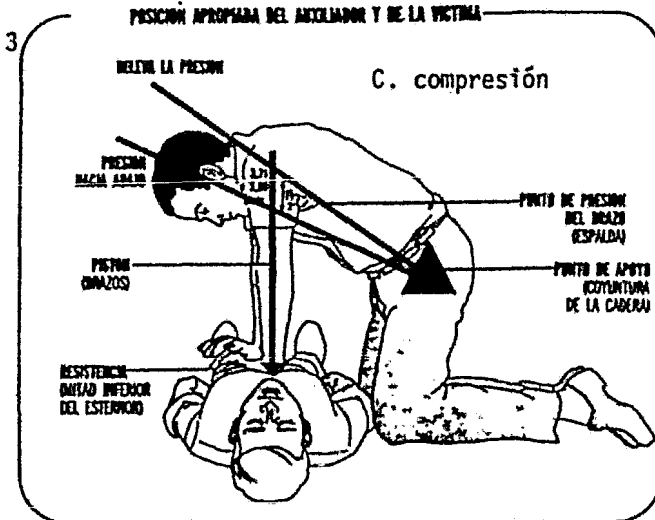
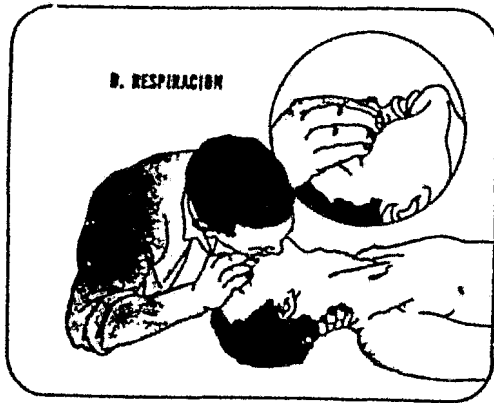
3 Cubrir únicamente con tela limpia.

Fig. 35 Quemaduras Graves.



1. Levantar la nuca inclinando la cabeza hacia atrás.

2



Proporción 15:2  
15 compresiones de pecho-promedio 80/min.  
2 rápidas expansiones pulmonares

Fig. 36 Respiración artificial boca a boca.

En todos los casos después de aplicar los PRIMEROS AUXILIOS se deberá buscar inmediatamente ATENCION MEDICA.

Todos estos procedimientos son importantes, pero lo que debe recibir la máxima atención es lo relativo a la respiración y a un exceso de hemorragia.

Deberán conocerse y aplicarse las medidas siguientes, tan pronto como sea posible y se requiera:

Los ojos afectados por productos químicos deberán ser irrigados, utilizando la botella de lavado para los ojos, o metiendo la cara en agua limpia, o bien rociando agua del grifo (de la llave), suavemente, sobre los ojos, durante por lo menos 20 minutos o hasta que se cuente con ayuda capacitada.

Hay ocasiones en que puede ser necesario adoptar un tratamiento especial o aplicar medidas especiales, en estos casos debe mencionarse la provisión de ciertos materiales y equipos para uso inmediato en caso de una "emergencia esperada". Por ejemplo, si se va a utilizar fluoruro de hidrógeno, además de contar con protección para la cara, guantes, y un delantal para el operador, se deben tener preparados los "primeros auxilios", constituidos en este caso por un gran recipiente de agua para un lavado inmediato, así como una cantidad de gel de gluconato de calcio.

Otros materiales para "primeros auxilios" incluyen:

Una provisión conveniente de equipo contra incendios por ejemplo mantas contra el fuego, cuando se manejen materiales muy inflamables.

• Provisión de un respirador adecuado cuando se están empleando gases tóxicos, tales como el cloro, etc.

## C O N C L U S I O N E S

Lo más valioso para todas las empresas son sus recursos humanos, los cuales se ven mermados por la ocurrencia de los accidentes, lo que representa no sólo pérdida de vidas, sino también los altos costos de reponer esos recursos.

En PEMEX por la alta especialización de su personal, esto resulta aún más costoso.

Si en cualquier otra industria es redituable la prevención de accidentes, en la Industria Petrolera tiene mayor vigencia esta actividad.

El éxito de la prevención de accidentes se encuentra en los mandos medios. El Ingeniero Petrolero como tal, es la persona más indicada, además de tener el deber, de crear y fomentar el interés por la seguridad en tre los trabajadores.

El presente trabajo tiene como objetivo coadyuvar en la forma ción del Ingeniero Petrolero, a fin de que pueda asumir totalmente sus responsabilidades dentro de la Industria Petrolera con el fin de realmente redu cir los accidentes que en última instancia afectan al Patrimonio Nacional.



## B I B L I O G R A F I A

- Seguridad Industrial.  
E.U. Bureau of Labor Standards.
- Seguridad Industrial.  
Roland P. Blake. 1976
- Seguridad Industrial.  
Ing. Jesús Tavera Barquín.
- Manual Técnico de Seguridad.  
W.J. Hackett & G.P. Robbins. 1982
- Programa de Observación para Entrenamiento en Seguridad (P.O.E.  
S.)  
Instituto Mexicano del Petróleo. 1974
- Guía para la Integración y Registro de las Comisiones Mixtas  
de Seguridad e Higiene.  
Secretaría del Trabajo y Previsión Social.  
Instituto Mexicano del Seguro Social. 1981
- Higiene y Seguridad del Trabajo y Problemas del Ambiente.  
Comisión Nacional Mixta de Seguridad e Higiene. 1973
- Trabajo, Higiene, Seguridad del Trabajo.  
Ministerio de Trabajo.  
Instituto Nacional de Prevención.  
Tomo II Madrid 1971
- Fire Protection Guide on Hazardous Materials.  
National Fire Protection Association (NFPA) 1972

- Nociones Básicas de Contraíncendio,  
Instituto Mexicano del Petróleo. 1979
- Décimo Cuarto Curso de Operaciones Contraíncendio,  
Universidad A & M de Texas en College Station, Texas. 1980
- Primeros Auxilios, Standard y Seguridad Personal.  
La Cruz Roja Nacional Americana. 1974
- Herbert H. Uhlig.  
Corrosión y Control de Corrosión.