

24/39

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE QUIMICA

**ESTIMACION DEL INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION DE  
UNA PLANTA DE ALQUILACION. Y DETERMINACION DE  
LOS DISPOSITIVOS PARA CONTROLAR SUS RIESGOS**

**TRABAJO MONOGRAFICO**

Que para obtener el Título de:

**INGENIERO QUIMICO**

Presenta:

**JAVIER MARCOS GUZMAN LUCERO**

México, D. F. 1988



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

TRABAJO MONOGRAFICO.

" ESTIMACION DEL INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION DE UNA PLANTA DE ALQUILACION Y DETERMINACION DE LOS DISPOSITIVOS PARA CONTROLAR SUS RIESGOS ".

C O N T E N I D O.

CAPITULO 1 INTRODUCCION.

CAPITULO 2 DESCRIPCION DEL PROCESO DE ALQUILACION.

CAPITULO 3 DESCRIPCION DE LA PLANTA DE ALQUILACION.

CAPITULO 4 ESTIMACION DEL INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION.

CAPITULO 5 DISPOSITIVOS PARA CONTROLAR RIESGOS.

APENDICE.

CAPITULO 6 CONCLUSIONES.

CAPITULO 7 BIBLIOGRAFIA.

SUSTENTANTE: GUZMAN LUCERO JAVIER MARCOS.

FACULTAD DE QUIMICA.

U. N. A. M.

# INDICE

	PAG.
<b>CAPITULO 1.</b>	
1.- INTRODUCCION.....	1
<b>CAPITULO 2.</b>	
2.- DESCRIPCION DEL PROCESO DE ALQUILACION.....	3
2.1. ALQUILACION.....	5
2.2. REACCION DE ALQUILACION.....	7
<b>CAPITULO 3.</b>	
3.- DESCRIPCION DE LA PLANTA DE ALQUILACION.....	6
<b>CAPITULO 4.</b>	
4.- ESTIMACION DEL INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION.....	11
4.1. DETERMINACION DEL FACTOR DEL MATERIAL.....	12
4.2. DETERMINACION DE LOS RIESGOS ESPECIALES DE LOS MATERIA- LES.....	13
4.3. DETERMINACION DE LOS RIESGOS GENERALES DEL PROCESO.....	15
4.4. DETERMINACION DE LOS RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO.....	18
4.5. FACTORES DE MATERIALES.....	24
4.6. ESTIMACION DEL INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION (I.I.E.) DE UNA PLANTA DE ALQUILACION.....	30

## CAPITULO 5

PAG.

5.1.	Dispositivos para controlar riesgos.....	35
5.1.1.	Dispositivos básicos preventivos y protectores.	35
5.1.2.	Dispositivos mínimos preventivos y protectores.	36
5.2.	Definición de los rangos del índice de incendio y explosión.....	36
5.2.1.	Índice de incendio y explosión menor de 20.....	36
5.2.2.	Índice de incendio y explosión mayor de 20, pero menor de 40.....	37
5.2.3.	Índice de incendio y explosión mayor de 40, pero menor de 90.....	37
5.2.4.	Índice de incendio y explosión mayor de 90.....	37
5.3.	Definición de los grupos de incendio y explosión.	38
5.3.1.	Grupo 1: Incendio.....	39
5.3.2.	Grupo 2: Incendio y Explosión.....	39
5.3.3.	Grupo 3: Explosión seguida de incendio.....	40
5.3.4.	Grupo 4: Explosión.....	40
5.4.	Explicación de los dispositivos mínimos recomendables.	41
5.4.1.	Suministro de agua para el servicio de contra-incendio.....	41
5.4.2.	Protección contra incendio de los soportes estructurales.....	42
5.4.3.	Protección con aspersores de agua: equipo y área.	43
5.4.4.	Cristales de nivel.....	43
5.4.5.	Dispositivos de instrumentación especiales.....	44
5.4.5.1.	Corrientes de carga controladas.....	44
5.4.5.2.	Aparatos analizadores que funcionan como alarmas.	44
5.4.5.3.	Válvulas de operación remota.....	44

	PAG.	
5.4.5.4.	Sistemas de vaciado descarga o enfriamiento brusco.....	45
5.4.5.5.	Protección contra explosiones internas.....	45
5.4.5.6.	Control de gases combustibles.....	46
5.4.5.7.	Explosiones de polvos.....	46
5.4.5.8.	Protección del sistema de agua contra incendio en casos de explosión.....	47
5.4.5.9.	Operación remota.....	47
5.4.5.10.	Muros de protección.....	48
5.4.5.11.	Ventilación de edificios.....	48
5.4.5.12.	Descarga de gases en caso de explosión.....	48
5.4.5.13.	Construcción de edificios a prueba de incendio.	48
5.4.5.14.	Separación física (para evitar situaciones ex- puestas).....	49
5.5.	Dispositivos preventivos específicos.....	49
5.6.	Cálculo del diámetro de la tubería para agua --- contra incendio en la planta de alquilación.....	49
5.7.	Cálculo de la potencia de la bomba para servicio de agua contra incendio en la planta de alquila- ción.....	52
5.8.	Cálculo de sistemas de aspersores de agua contra incendio.....	55
5.9.	Equipo de protección para el personal de opera- ción de la Planta de Alquilación.....	56
5.10.	Medidas de seguridad y recomendaciones generales para la Planta de Alquilación.....	57
5.11.	Recomendaciones de seguridad para el personal de operación de la Planta de Alquilación.....	59
	APENDICE.....	60
CAPITULO 6.		
6.	CONCLUSIONES.....	76
CAPITULO 7.		
7.	BIBLIOGRAFIA.....	78

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

## 1. INTRODUCCION.

Las personas que están encargadas de la Investigación y - Optimización de los Procesos Industriales, las que aplican la - Ingeniería de Procesos, las que proyectan los procesos, las que Operan las Plantas Industriales, y están encargadas de su SEGU- RIDAD, siempre están interesadas en que se produzca en forma - EFICIENTE Y SEGURA.

Este trabajo permite alcanzar un consenso o lenguaje común a las personas ántes mencionadas, para localizar los riesgos - potenciales en los procesos químicos, valorarlos y contrarestar los.

Los propósitos principales de éste trabajo son: Localizar y evaluar en forma numérica los riesgos potenciales, y ayudar a seleccionar los dispositivos de carácter preventivo y protector para contrarestarlos.

En éste trabajo el procedimiento se caracteriza por ser - consistente y sistemático para plantear los problemas de SEGU- RIDAD, para familiarizarse con los riesgos potenciales y poder - deducir las protecciones que necesita el personal y las instala- ciones.

Se aplica a las Plantas de Procesos químicos, Plantas Pe- troquímicas, Plantas Piloto, Laboratórios, y unidades Comercia- les.

Es también un método para revisar los dispositivos preven- tivos y protectores ya instalados.

Este trabajo toma en cuenta la relación que guardan los factores PROTECCION E INVERSION, por lo que las recomendaciones que surgen deben de aplicarse con un criterio ingenieril, es decir que la persona que las aplique sea un especialista en protección contra incendio y tenga conocimientos detallados de los aspectos físicos y químicos de la Planta.

El procedimiento para la determinación de riesgos de incendio y explosión que se plantea en éste trabajo no se aplica a las instalaciones de servicios auxiliares, tampoco valora los factores de Toxicidad, Corrosividad, y estructuras, ya que se considera que están dotadas de características básicas, que no dependen de la magnitud del incendio o explosión.

Este trabajo no trata la relación que pueda existir entre protección y pérdidas por interrupción del proceso y tampoco se aplica al manejo de producción de explosivos.

En nuestra profesión existe un principio de SEGURIDAD INDUSTRIAL que se hace evidente en éste trabajo: "Las Plantas y equipos industriales deben estar diseñadas a prueba de errores humanos".

**CAPITULO 2**

**DESCRIPCION DEL PROCESO**

**DE ALQUILACION**

## 2. DESCRIPCION DEL PROCESO DE ALQUILACION.

El proceso se inicia cuando se alimenta la carga, formada por una mezcla de butano y butileno, ésta mezcla es enviada por bombeo a un contactor acondicionado por un sistema de enfriamiento interno, donde es mezclado con ácido fluorhídrico ( HF ) procedente de un regenerador. La reacción que ocurre es exotérmica, por eso es necesario un medio de enfriamiento interno, el medio de enfriamiento es agua. La nueva carga convertida se envía a un asentador de ácido fluorhídrico, acumulándose éste se procede a un refluo donde parte del ácido fluorhídrico se recircula al contactor y la otra parte regresa al regenerador.

La carga convertida formada por; isobutano y demás hidrocarburos es enviada a la torre deisobutanizadora, para separar el isobutano junto con otros hidrocarburos que circulan por el fondo de la torre. Por la parte superior de la torre salen el ácido fluorhídrico e isobutano, ésta corriente es enviada a un tanque acumulador en donde parte del ácido fluorhídrico es enviado al contactor para ser nuevamente utilizado en la reacción química de los butanos y butilenos.

La otra corriente, que sale del tanque acumulador, está formada por isobutano y un poco de ácido fluorhídrico, es recirculada a la torre deisobutanizadora. Al mismo tiempo que el ácido restante es enviado a la torre separadora de ácido, se obtiene por la parte del fondo de la torre el isobutano libre de ácido fluorhídrico, y en la parte del domo de la torre separadora se obtienen los vapores del ácido fluorhídrico, ésta corriente se une con la corriente formada por los vapores de la torre deisobutanizadora y ésta nueva corriente es enviada al tanque acumulador para que se repita el ciclo y el ácido fluorhídrico llegue nuevamente al contactor.

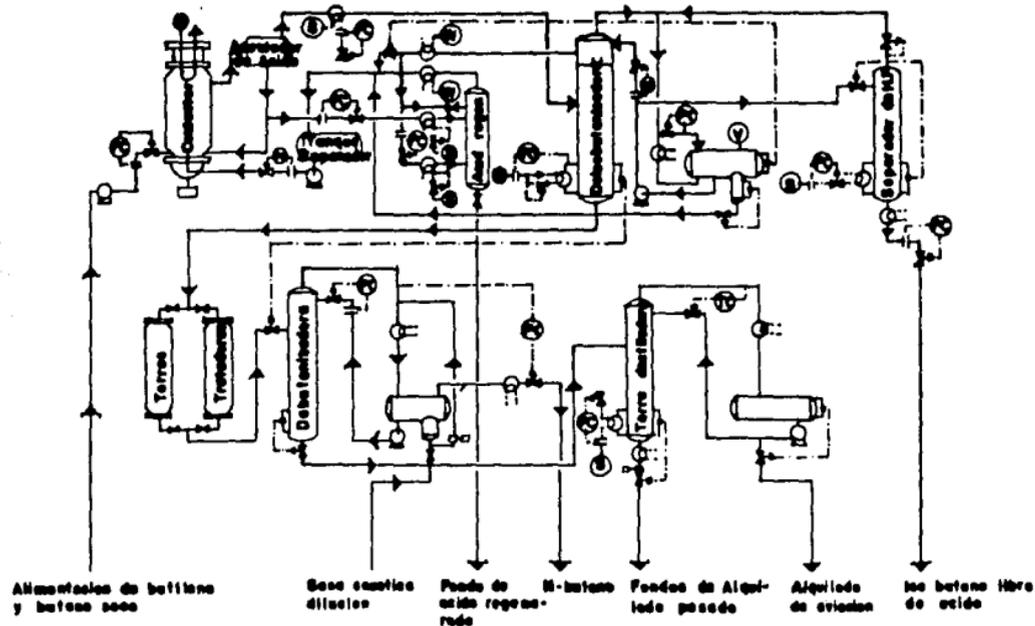
La carga principal que sale de la torre deisopropanizadora es enviada a las torres secadoras para después ser conducidas a la torre debutanizadora, para separar de la mezcla los butanos que circulan en la parte superior de la torre, éstos butanos son trasladados a un tanque de lavado con sosa cáustica para quitar la acidéz que pudieran tener y así sacar como producto el n-butano.

En el fondo de la torre debutanizadora salen los alquilados pesados, así como también los ligeros, éstos son conducidos a la torre destiladora para obtener como productos finales a los alquilados, éstos alquilados ligeros salen por la parte superior de la torre destiladora, y llegan a un tanque acumulador para volver a recircular algunos de los alquilados pesados que hayan llegado al domo de la torre destiladora.

Por el fondo de la torre destiladora se obtiene el alquilado pesado ver fig. No. 1.

Fig. 1

## PLANTA DE ALQUILACION./ DIAGRAMA DE FLUJO



W = agua  
 S = vapor  
 FC = control de flujo  
 TC = control de temperatura  
 PC = control de presión  
 V = volumen

FACULTAD DE QUIMICA  
 UNAM

Javier Marcos Guzmán Lucero

## 2.1 ALQUILACION.

Por medio del proceso de alquilación, algunos de los alcanos menores y los alquenos, se convierten en combustibles sintéticos de alto octanaje.

La alquilación es la adición de un alcano a un alqueno.

Se hace reaccionar isobutileno e isobutano en presencia de un catalizador ácido para formar directamente el 2,2,4 trimetil pentano o llamado también iso-octano.

Es importante mencionar que, para la obtención de gasolina de alto octanaje se hace uso de la pirólisis (cracking).

Se denomina pirólisis al proceso de descomposición de una sustancia por la acción del calor.

Pirólisis término de origen griego:

Pyr = Fuego

Lysis = Pérdida

Pirólisis término que significa: " Descomposición por el Calor ".

La pirólisis de alcanos en particular en cuanto concierne al petróleo se conoce como cracking.

En el cracking térmico los alcanos se hacen pasar por una cámara calentada a temperatura elevada 700 - 900 °C por frac -

ción de segundo y se enfrían rápidamente.

Alcanos pesados se convierten en alquenos, alcanos livianos y algo de hidrógeno. Este proceso produce predominantemente etileno ( $C_2H_4$ ) junto con otras moléculas pequeñas.

Otra fuente de hidrocarburos menores es el hidrocracking, éste se desarrolla en presencia de hidrógeno a presión y a temperaturas más bajas ( 250 - 450 °C ).

Los alquenos de bajo peso molecular obtenidos por éstos procedimientos pirólíticos, pueden separarse y purificarse y constituyen, las materias primas más importantes para las síntesis en gran escala de los compuestos alifáticos.

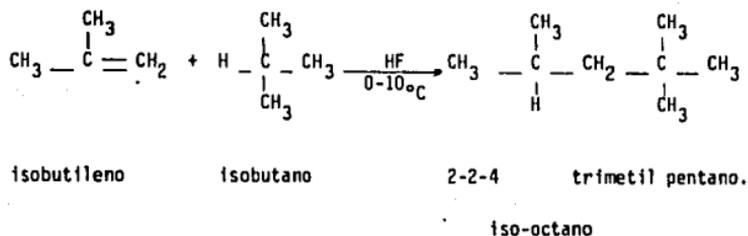
La pirólisis actualmente va dirigida hacia la producción de combustibles siendo el proceso más importante el cracking catalítico. Fracciones más pesadas del petróleo ( típicamente gasóleo ) se ponen en contacto con un catalizador de sílice alúmina finamente dividido a 450 - 550 °C y bajo una ligera presión. Este proceso no sólo aumenta el rendimiento en gasolina, degradando moléculas grandes en más pequeñas, sino también mejora su calidad.

El método involucra iones carbonilo y genera alcanos y alquenos con las estructuras altamente ramificadas que se desean para la gasolina.

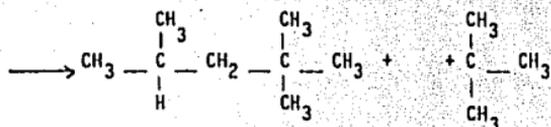
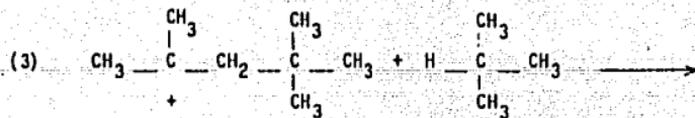
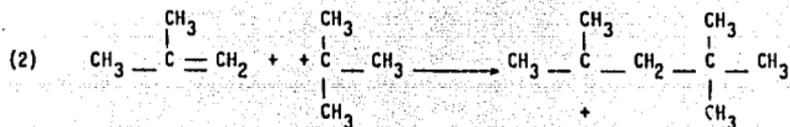
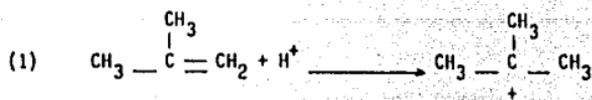
Finalmente se convierten cantidades enormes de hidrocarburos alifáticos del petróleo en hidrocarburos aromáticos por medio del proceso de reformación catalítica los que no solamente se emplean como combustibles de calidad superior, sino también como materias primas para la síntesis de la mayoría de los compuestos aromáticos.

La reacción química que se lleva a cabo es la siguiente:

## 2.2. REACCION DE ALQUILACION.



MECANISMO DE REACCION:



### **CAPITULO 3**

#### **DESCRIPCION DE LA PLANTA**

#### **DE ALQUILACION**

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE ALQUILACION.

La planta cuenta con un reactor de mezclas para butilenos e isobutano, originando dos corrientes.

La primera pasa como carga a la torre depropanizadora, obteniéndose propano como producto principal pasando a un acumulador, de éste se generan dos corrientes, una va como refluj y otra a control de nivel, el propano obtenido pasa a almacenamiento. El fondo de la torre depropanizadora que contiene propano pasa como carga a través de uno de los secadores a la salida del cual se una isobutano de recirculación a contactores.

La segunda corriente no permite pasar carga directamente a un secador o secadores, así se tiene una corriente conteniendo butilenos, que se mezcla con una corriente de isobutano fresco, uniéndoseles en la salida del secador una corriente de isobutano de recirculación que lleva un pequeño porcentaje de HF (ácido fluorhídrico) formando la carga combinada.

La carga combinada pasa a través de un contactor en donde se mezcla con la corriente de ácido fluorhídrico.

Los hidrocarburos que forman la carga combinada en presencia del ácido fluorhídrico, químicamente reaccionan formando alquilados, ésta reacción es exotérmica, es decir desprende calor, por tal motivo, el contactor está provisto de un medio adecuado de enfriamiento. Se tiene en el reactor una disposición adecuada de bafles para obtener una buena emulsión de hidrocarburos y ácido. El área de contactores es grande para obtener un tiempo de residencia adecuado.

La corriente que sale del contactor contiene ácido fluorhídrico, alquilados, isobutano y algunos hidrocarburos inertes: ésta corriente es descargada en un tanque asentador para separar las fases ácidas e hidrocarburo. La fase ácida es recirculada al contactor, éste ácido contiene algunos hidrocarburos disueltos sin alterar dicha corriente ya que es una cantidad pequeña.

La fase hidrocarburo contiene ácido disuelto, pasa a otro tanque asentador, al que denominan tanque de carga de la torre deisobutanizadora.

Esta fase de hidrocarburo es alimentada a una torre fraccionadora denominada deisobutanizadora donde se obtiene como producto destilado isobutano, propano y ácido fluorhídrico formando una nueva corriente que es totalmente condensada hacia un acumulador de reflujo. De éste acumulador se deriva una corriente de alimentación a la torre depropanizadora, y una corriente de recirculación hacia el contactor.

En la torre depropanizadora se obtiene un destilado formado por propano y ácido fluorhídrico, a ésta corriente se une el destilado de la torre deflegmadora que está formado por propano y ácido fluorhídrico con una mayor concentración de éste, la corriente pasa a través de un condensador hacia un acumulador, en ésta ocurre una separación semejante a la del asentador de ácido.

La fase hidrocarburo se alimenta como carga a la torre deflegmadora.

En la torre deflegmadora se efectúa la separación del pro-

pano de ácido fluorhídrico, obteniéndose un destilado formado por propano y ácido, por el fondo se obtiene una corriente formada por propano libre de ácido. Los fondos de la torre depropanizadora formados principalmente por isobutano uniéndose con el isobutano de recirculación a contactores que se une finalmente a la corriente de carga combinada esto ayuda a mantener la relación de isobutano a butilenos en el sistema.

El producto de los fondos de la torre deisobutanizadora quedan prácticamente libres de HF ( ácido fluorhídrico ), con tienen una determinada cantidad de fluor combinada con fluoros orgánicos. La mayor parte de este fluor puede ser removido pasando los hidrocarburos a través de bauxita a una temperatura adecuada. La corriente que sale del tratador de bauxita es alimentada a la torre depentanizadora, para separar péntanos y más ligeros de los alquilados, la corriente formada por péntanos y más ligeros se envía a tanques de almacenamiento.

El producto del fondo de la torre depentanizadora es el alquilado total formando una corriente que es alimentada a la torre fraccionadora de alquilados, en donde el producto de la destilación es el alquilado ligero componente básico de gasolinas de aviación y de alto octanaje en general, el producto del fondo es el alquilado pesado que se utiliza en especial para sellos en las bombas que manejan ácido, en el área de la planta de alquilación.

Cuando hay exceso de éste alquilado pesado se envía a tanques como subproducto y se emplea de componentes secundarios en la preparación de gasolina.

**CAPITULO 4**

**ESTIMACION DEL INDICE DE INCENDIO**

**Y EXPLOSION**

#### 4. ESTIMACION DEL INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION.

En el trabajo monográfico realizado

Se Procede de la siguiente manera.

Lo realizamos en dos etapas:

En la primera etapa se estima un valor numérico llamado índice de incendio y explosión.

En la segunda etapa se hace la selección de los dispositivos preventivos y protectores para contrarrestar los riesgos y pérdidas - potenciales causadas por un incendio o explosión. Registrando -- éstos dispositivos en la forma correspondiente.

Estimación del Índice de Incendio y Explosión.

- I.- La Planta se divide en unidades o secciones y en cada una se hacen las estimaciones de los índices de incendio y explosión.
- II.- Se determina el factor del material que se maneja.
- III.- Se adicionan los porcentajes que corresponden a los riesgos asociados como son:
  - a).- Riesgos especiales del material.
  - b).- Riesgos generales del proceso.
  - c).- Riesgos especiales del proceso.

#### 4.1. DETERMINACION DEL FACTOR DEL MATERIAL.

Para determinar el factor del material se toma en cuenta la sustancia más peligrosa que se encuentre en " cantidades de importancia " ya sea como materia prima, producto intermedio, - producto final, o como solvente. Una cantidad de importancia considerable se refiere a que es tal la cantidad, que efectivamente existe el riesgo representado por el material.

El factor del material es una medida de la susceptibilidad de un material o de una mezcla de materiales para dar origen a una combustión o explosión.

Por convención el factor del material es un número comprendido entre 1 y 20. Correspondiendo a los números mayores más susceptibilidades para provocar u originar un incendio o - explosión.

Se debe considerar un factor del material para cada unidad de una Planta química y utilizar el mayor factor del material que se obtenga en las operaciones subsecuentes.

Los valores del factor del material, corresponden a las sustancias que se encuentran a temperaturas inferiores al 80% de su temperatura de inflamación. Si la temperatura es mayor ya no se aplica el valor que se marca en la lista.

También es necesario tomar en cuenta el estado físico, - la concentración, la temperatura y la presión al señalar el - factor del material.

#### 4.2. DETERMINACION DE LOS RIESGOS ESPECIALES DE LOS MATERIALES.

Por ejemplo un catalizador puede no existir en cantidades suficientes, en un área, para constituir el compuesto que determina el factor del material, pero puede estar presente en cantidad suficiente, dentro del área, para dar origen a un calentamiento espontaneo, contribuir con oxígeno en caso de una combustión o puede reaccionar con el agua, deberán entonces aplicarse éstos factores.

El factor del material se incrementa en la forma indicada en la hoja de cálculos, agregando los porcentajes aplicables por riesgos especiales del material, de acuerdo con los siguientes criterios.

##### A.- REACCION CON EL AGUA, QUE DESPRENDE UN GAS COMBUSTIBLE. AGREGAR DE 0 a 30%.

Sustancias que en su estado natural o bien a temperaturas elevadas, por ejemplo en caso de incendio, pueden reaccionar con el agua dando origen a un gas combustible. A medida que aumenta la contribución de la sustancia por cuanto se refiere a los riesgos de incendio, debe aumentarse el factor aplicado hasta un máximo de 30%. Este factor no necesita añadirse en los casos de sustancias que en sí mismas son tan inflamables como el gas que se desprende.

Ejemplos: Carburo de calcio, sodio, titanio, magnesio.

##### B.- MATERIALES OXIDANTES. AGREGAR DE 0 a 20%.

Sustancias que en caso de incendio pueden desprender oxígeno en cantidades suficientes para contribuir a intensificar

el fuego.

A medida que aumente la cantidad de sustancia, el factor - debe aumentarse hasta el máximo de 20%.

Deben considerarse otros factores al seleccionar el valor de este porcentaje. Por ejemplo: el poder oxidante de la sustancia y el medio ambiente que puede afectar al poder oxidante. Este factor no se debe aplicar simultáneamente con el factor siguiente ( 2-C ). Tampoco necesita aplicarse en reacciones de oxidación controladas; como por ejemplo, la oxidación del tolueno con aire para formar ácido benzóico o la cloración de los hidrocarburos.

Ejemplos: Oxígeno, cloratos, nitratos, percloratos, peróxidos.

C.- POSIBILIDAD DE DESCOMPOSICION EXPLOSIVA. AGREGAR 125%.

Sustancias que por su rápida descomposición pueden originar una explosión, en el sentido ordinario de la palabra. Este factor no debe aplicarse a las sustancias que, como el peróxido de hidrógeno diluido y las soluciones de hipoclorito de sodio, tienen una vida media corta por sufrir descomposición lenta, pero no se descomponen en forma explosiva. Este factor tampoco debe aplicarse a aquellas sustancias que requieren la presencia de otro ingrediente para convertirse en explosivas. Estas últimas sustancias deben considerarse como se indica en los párrafos 4-F ó 4-H.

Ejemplos: Etileno a alta presión, peróxidos concentrados.

D.- POSIBILIDAD DE DETONACION. AGREGAR 150%

Sustancias que en las condiciones del proceso y/o del equipo constituyan un riesgo de detonación, o que dependen de los aparatos de control para no llegar al rango de detonación.

Ejemplos: Acetileno a más de 20 Lb/pulg.<sup>2</sup> de presión parcial.

E.- POSIBILIDAD DE POLIMERIZACION ESPONTANEA. AGREGAR DE 50 A 75%.

Sustancias que en las condiciones normales de almacenamiento, en caso, de contaminarse o de sufrir calentamiento por un incendio, pueden polimerizarse en forma espontánea, con rápido desprendimiento de calor. En este caso, agregar 75%. Si a la sustancia se le añade un inhibidor contra la polimerización, en el curso del proceso, debe agregarse solo 50%.

Ejemplos: Oxido de etileno, etilenamina, butadieno.

F.- POSIBILIDAD DE CALENTAMIENTO ESPONTANEO, AGREGAR 30%.

Sustancias que en las condiciones de almacenamiento y utilización pueden calentarse espontáneamente o son pirofóricas.

#### 4.3. DETERMINACION DE LOS RIESGOS GENERALES DEL PROCESO.

El factor del material se incrementa, como se indica en la hoja de cálculos, con los porcentajes aplicables por los riesgos generales del proceso, que figuran en la relación siguiente:

A.- UNICAMENTE CAMBIOS FISICOS Y TRANSPORTE DE MATERIALES.  
AGREGAR DE 0 A 50%.

Los procesos que solo comprenden transporte de materiales

y cambios físicos, y que se llevan a cabo en sistemas cerrados cuyas tuberías son permanentes, como por ejemplo: la destilación, la absorción, la evaporación, etc., no deben recibir un castigo adicional.

Los procesos que solo comprenden transporte de materiales y cambios físicos, pero que hacen necesario conectar y desconectar ductos, tuberías o tapas, como por ejemplo: las operaciones de carga, hacen necesario agregar 25%.

Los procesos que comprenden únicamente operaciones de manejo de materiales y cambios físicos, pero en los que existe posibilidad de escape de materiales inflamables hacia la atmósfera, siendo la temperatura de estos materiales menor al 80% de la temperatura de inflamación, requieren que se añada un 25%.

Los procesos en que existe manejo de materiales y cambios físicos pero con la posibilidad de que escapen a la atmósfera - sustancias inflamables a una temperatura superior al 80% de la temperatura de inflamación, requieren que se añada un 50%. Este factor se aplica en general a procesos tales como el trasvasado de productos inflamables en recipientes abiertos, centrifugas y filtros que se destapan periódicamente, mezcla en recipientes - abiertos etc., cuando el área donde el ambiente se encuentra - dentro del rango de explosividad, es limitada y se opera en espacios abiertos. Normalmente no se aplicarán a estos procesos - los factores 4-F y 4-H. Si el área que se haya dentro del rango de explosividad se encuentra confinada, se aplicará el factor - 4-F.

B.- REACCIONES CONTINUAS. AGREGAR DE 25 A 50%.

Las reacciones endotérmicas, o bien las reacciones exotérmicas

cas que se realizan en soluciones tan diluidas que el solvente puede absorber todo el calor desprendido durante una reacción descontrolada sin que exista peligro, requieren que se añada - 25%. Como ejemplos pueden mencionarse el cracking, la isomerización, la formación de clorhidrina, etc.

Las reacciones exotérmicas que no satisfacen los requisitos mencionados antes, hacen necesario añadir 50%.

Ejemplos: Oxidación, polimerización, cloración.

C.- REACCIONES INTERMITENTES. AGREGAR DE 25 A 60%.

Determinese el factor de reacción de acuerdo con el párrafo anterior ( 3-B ).

Si la reacción es exotérmica, agréguese un 10% para tomar en cuenta el mayor riesgo de un posible error de operación. El factor de reacción intermitente no debe ser mayor de 60%. El factor de manejo de materiales correspondiente a las operaciones de carga y descarga, se toma en cuenta y se añade por separado, cuando así corresponda, de acuerdo con el párrafo anterior ( 3-A ).

D.- MULTIPLICIDAD DE REACCIONES EN EL MISMO EQUIPO.  
AGREGAR DE 0 A 50%.

En este punto debe agregarse otro castigo más, para tomar en cuenta la contaminación entre una reacción y otra. Las reacciones deben ser muy distintas para que sea indicado aplicar el factor de contaminación. Por ejemplo una planta puede fabricar una serie de resinas alquídicas en un reactor. Si estas resinas se fabricaran todas por el proceso de fusión o di-

sueitas en un solvente, con ligeras variaciones de los materiales empleados y de las condiciones de reacción, el factor de --contaminación no debería aplicarse.

Por otra parte, si el reactor se empleara también para fabricar otro tipo de resinas, debería aplicarse el factor de --contaminación. El factor de multiplicidad de reacciones no debe exceder del 50%.

#### 4.4. DETERMINACION DE LOS RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO.

Se aumenta el factor del material, tal como se indica en la hoja de cálculos, con cada uno de los porcentajes aplicables correspondientes a riesgos especiales del proceso, de acuerdo con los siguientes criterios.

##### A.- PROCESOS O REACCIONES DIFICILES DE CONTROLAR. AGREGAR DE 50 A 100%.

En los casos de reacciones de naturaleza exotérmica, en las cuales por la naturaleza misma de la reacción existe una fuerte posibilidad de que ésta escape del control, deberá agregarse de 50 a 100%.

Ejemplos: Nitraciones, algunas polimerizaciones, reacciones de Friedel-Crafts.

##### B.- ALTA PRESION.

1.- De 250 a 3000 lb/pulg.<sup>2</sup> , añadir 30%.

2.- Arriba de 3000 lb/pulg.<sup>2</sup> , agregar 60%.

El límite superior de aplicación del código ASME para recipientes a presión no sometidos a fuego es de 3000 lb/pulg.<sup>2</sup>. A presiones mayores deben usarse conexiones lenticulares, sellos cónicos o dispositivos equivalentes en las bridas. El riesgo en este caso proviene de la expansión potencialmente grande que sufre el fluido que fuga a la atmósfera a presiones elevadas. - No debe utilizarse este factor en los casos de moldeo por extrusión o inyección.

C.- BAJA PRESION. AÑADASE DE 0 A 100%.

Los procesos que operan en condiciones atmosféricas o a presiones más bajas, pero de tal modo que la entrada de aire u otro contaminante al sistema no origine riesgo alguno, no hacen necesario aplicar este factor.

Ejemplos: Compresión del cloro, destilación al vacío de los glicoles.

Los procesos que operan a presión atmosférica o menor, en forma tal que la entrada del aire u otro contaminante al interior del sistema, ocasionaría que reaccionara con los materiales manejados, dando origen a un riesgo, hacen necesario añadir un 50%.

Ejemplos: Manejo de diolefinas con riesgo de formación de peróxidos y la subsecuente polimerización catalizada, materiales pirofóricos.

Los procesos que se realizan a presión atmosférica o menor, de tal modo que el aire o contaminante que entre al sistema puede acumularse originando así riesgo de explosión, requieren que se añada un 100%.

Ejemplos: Sistemas de recolección de hidrógeno.

D.- TEMPERATURAS ELEVADAS.

- 1.- Por encima del 80% de la temperatura de autoignición, agréguese 25%.
- 2.- Entre 500 °F y 1000 °F, agréguese 10% en el caso de gases y 20% cuando se trate de líquidos.
- 3.- Por encima de 1000 °F, agréguese 15% cuando se trate de gases y 30% en el caso de líquidos.

E.- TEMPERATURAS BAJAS. AGREGUESE DE 15 A 25%.

El propósito de este castigo consiste en tomar en consideración la fragilización (temperatura de transición) que es de esperar en el acero ordinario al carbón. Si se sabe, o se ha comprobado que la temperatura del acero se encuentra por encima de la temperatura de transición, no es necesario aplicar este castigo.

Para procesos que utilizan acero al carbón y operan entre 50 °F y -20 °F, agréguese 15%.

Para procesos que operan a temperaturas menores de -20 °F agréguese 25%.

F.- CONDICIONES DE OPERACION PROXIMAS AL RANGO DE EXPLOSIVIDAD. AGREGUESE DE 0 A 150%.

Si el proceso se encuentra dentro del rango de explosividad, como consecuencia del contacto de productos inflamables -

con la atmósfera, como se considera en el párrafo ( 3-A ), no es necesario aplicar este factor.

El almacenamiento de líquidos inflamables; cuando el espacio que ocupan los vapores pueden encontrarse dentro del rango de explosividad, en casos poco frecuentes, pero normales. Por ejemplo al llenar o vaciar; requerirá agregar un 25%. El almacenamiento de líquidos inflamables en recipientes cerrados, - aún cuando no existen conexiones abiertas a la atmósfera, - aquellos casos en que pueden formarse mezclas explosivas en el espacio ocupado por los vapores a causa de la abertura accidental de una purga, requerirá añadir 50%.

Otros procesos distintos de los mencionados en los dos últimos párrafos, en los que las condiciones de operación se - acerquen al rango de explosividad y donde se dependa de la instrumentación para evitar que se formen mezclas explosivas, requerirán la adición de 100%.

Ejemplos: La oxidación del tolueno para formar ácido benzoico, mediante aire.

Aquellos procesos, que operen siempre dentro del rango de explosividad requerirán la adición de 150%.

Ejemplo: La destilación del óxido de etileno.

G.- RIESGO DE EXPLOSION POR NIEBLAS O POLVOS. AGREGUESE DE 30 A 60%.

Este factor debe de aplicarse sólo si existe realmente un riesgo. Por ejemplo se ha demostrado que el transporte de polietileno granulado no crea riesgo de explosión por polvo, en

ciertas condiciones; de tal manera que en este caso el factor - no deberá aplicarse. El hecho de que no existe desprendimiento de polvo debe demostrarse, cuando no se aplique el factor.

Los procesos que comprenden el manejo de materiales que - pueden desprender polvos o nieblas y crear riesgo de explosión, sólo cuando el equipo funciona en forma defectuosa, requieren - que se agregue un 30%.

Ejemplos: Aceite hidráulico a alta presión, o bien óxido de difenilo, con riesgo de rupturas.

Aquellos procesos u operaciones en que se manejan líquidos de tal manera que es posible la formación de nieblas de un material susceptible de arder o explotar, requiere que se agregue - un 50%.

Ejemplo: Aceite hidráulico en mangueras.

Los procesos en que el riesgo de formación de polvos o nieblas existe permanentemente, requieren la adición de un 60%.

Ejemplo: De polietileno pulverizado.

H.- RIESGO DE EXPLOSION MAYOR DEL PROMEDIO. AGREGUESE DE 60 A 100%.

Los procesos que utilizan líquidos inflamables o gases combustibles licuados, en condiciones tales de temperatura y presión que cualquier escape produce una vaporización rápida, con la formación probable de concentraciones explosivas en una gran parte del edificio o del área, requieren la adición de un 60%.

Los procesos en que existe el riesgo de explosiones causadas por vapor.

Por ejemplo: Cuando se enfría con agua en presencia de sales fundidas, requieren la adición de un 60%.

Aquellos procesos susceptibles de que ocurra una acumulación de contaminantes que pueda originar una explosión, como por ejemplo las plantas de fraccionamiento de aire, requieren la adición de un 100% ( véase el párrafo C por lo que se refiere a la entrada de aire a los sistemas de presión inferior a la atmosférica ).

#### I.- GRANDES CANTIDADES DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS.

( Úsese sólo un factor ).

El propósito de este párrafo consiste en aplicar un castigo tomando en consideración los riesgos de incendio incrementados, independientemente de cual sea el combustible líquido particular que esté presente. El hecho de que esté presente un líquido con un factor de material más bajo que el factor del líquido en que se basó el índice de incendio y explosión, puede tomarse en consideración usando un valor más bajo dentro del rango sugerido.

La consideración importante debe ser la cantidad total de combustible líquido.

- 1.- Edificios que contengan de 2000 a 6000 gal. de combustibles líquidos; agréguese de 40 a 55%.
- 2.- Edificios o equipos que contengan de 6000 a 20,000 gal.- de líquidos combustibles, agréguese de 55 a 75%.

- 3.- Edificios o equipos que contengan de 20,000 a 50,000 gal. de líquidos combustibles; agréguese de 75 a 100%.
- 4.- Edificios o equipos que contengan más de 50,000 gal. de líquidos inflamables; agréguese 100% o un porcentaje mayor.

#### 4.5. FACTORES DE MATERIALES.

##### I.- SÓLIDOS, LÍQUIDOS O GASES NO COMBUSTIBLES:

Sustancias que no pueden arder y que no son oxidantes.

Factor de material: 1.

Ejemplos: Agua, nitrógeno, arena, tetracloruro de carbono, helio.

##### II.- COMBUSTIBLES SÓLIDOS.

Metales que pueden arder, pero que se encuentran aglomerados en una masa cuya ignición no es muy probable y en la que es posible extinguir el fuego usando agua.

Factor de material: 2.

Ejemplos: Lingotes de magnesio o perfiles y laminados del mismo material.

Sólidos cuyas características en cuanto a la ignición son similares a las de los combustibles Clase A, incluyendo éstas últimas.

Factor de material: 3.

**Ejemplo:** Madera, azúcar, granos, papel, polietileno (cuando no hay riesgo, por presencia de polvos).

Sólidos cuyas características respecto a la ignición son similares a las que poseen los líquidos de alto punto de inflamación.

Factor de material: 5 (10, si se emplea a temperaturas superiores a la de inflamación, 7.5 si se les utiliza a temperaturas superiores al 80% de la de inflamación).

**Ejemplos:** Hule, alcanfor, brea, ácido adípico.

Sólidos que arden con facilidad, o que son susceptibles de prender por sí solos, o que arden rápidamente, pero pueden ser apagados empleando agua.

Factor de material: 10.

**Ejemplos:** Nitrocelulosa, hidrosulfuro de sodio.

Sólidos que se encuentran finamente divididos, por lo cual pueden formar polvos suspendidos en el aire, siendo la sustancia susceptible de ignición o explosión.

Factor de material: 10.

**Ejemplos:** Almidón, azufre, polvo de magnesio, polietileno, aserrín de madera seca, etc.

Sólidos que son susceptibles de prenderse por sí solos y que arden rápidamente, y/o no pueden ser extinguidos empleando agua, y/o reaccionan con el agua para producir vapores inflamables o explosivos, y/o se descomponen fácilmente para producir

vapores inflamables o explosivos. No deben usarse aspersores - de agua en aquellos sitios en que el agua puede entrar en contacto con materiales sensibles.

En casos poco frecuentes, cuando la sustancia se encuentra totalmente protegida del agua, pueden instalarse aspersores actuados a manos.

Factor de material: 16.

Ejemplos: Sodio, litio, carburo de calcio, percarbonato isopropílico.

### III.- COMBUSTIBLES LIQUIDOS:

Líquidos con puntos de 500 °F o mayores.

Factor de material: 3 (10, si se utilizan a temperaturas superiores al punto de inflamación, 7.5 si se usan a temperaturas superiores al 80% del punto de inflamación).

Ejemplos: Tween 40, aceite tung.

Líquidos con temperaturas de inflamación de 140 °F o más, pero inferiores a 500 °F.

Factor de material: 5 (10, si se utilizan a temperaturas superiores al punto de inflamación, 7.5 si se utilizan a más del 80% del punto de inflamación).

Ejemplos: Etilenglicol, ácidos grasos de origen animal.

Líquidos con puntos de inflamación de 73 °F o mayores, pero inferiores a 140 °F.

- 1.- Completamente miscibles con el agua. Factor de material 7 ( 10.5, si se utilizan por encima de su punto de inflamación 8.5, si se encuentran a temperaturas mayores que el 80% del punto de inflamación ).

Ejemplo: Acido acético.

- 2.- Todos los de más. Factor de material 10 ( 15, si se utilizan a temperaturas superiores al punto de inflamación, 12 si se utilizan a temperaturas mayores que el 80% del punto de inflamación ).

Ejemplo: Bromobenceno.

Líquidos con temperaturas de inflamación menores de 73° y temperaturas de ebullición de 100° o mayores.

- 1.- Completamente miscibles con agua.

Factor de material: 12

Ejemplos: Acetona, alcohol etílico.

- 2.- Todos los de más. Factor de material: 15

Ejemplos: Benceno, acetato de etilo.

Líquidos con temperaturas de inflamación inferiores a 73 °F y puntos de ebullición inferiores a 100 °F.

Factor de material: 18.

Ejemplos: Pentano, éter etil-vinílico

Líquidos con temperaturas de autoignición inferiores a 375 °F, incluyendo líquidos pirofóricos.

Factor de material: 20.

Ejemplos: Bisulfuro de carbono, tri-isobutilo de aluminio.

#### GASES COMBUSTIBLES Y EXPLOSIVOS

- a).- Gases de bajo calor de combustión (C. C.) o límite inferior de explosividad (L. I. E.) elevado.

Factor de material: 6.

Ejemplos: Amoníaco, C. C. = 8000 BTU/lb.

L.I.E. = 16.0% vol. en aire.

Monóxido de carbono C. C. = 4,345 BTU/lb.

L.I.E. = 12.5% vol. en aire.

- b).- Gases de elevados calores de combustión o margen de explosividad (M. E.) amplio.

Factor de material: 18.

Ejemplos: Hidrógeno, C. C. = 51,600 BTU/lb.

M. E. = 4.1 a 74.2% vol. aire.

Metano C. C. = 21 500 BTU/lb.

M. E. = 5.3 a 14.0% vol. en aire.

Cloruro de vinilo, M. E. = 4 a 22% vol. en aire.

- c).- Gases inestables y susceptibles de descomponerse en forma explosiva.

Factor de material: 20.

Ejemplos: Acetileno, con presión parcial de más de 20 lb/pulg.<sup>2</sup>, bióxido de cloro.

#### IV. MATERIALES OXIDANTES:

- a).- Materiales oxidantes que en contacto con materiales reductores pueden causar un incendio o una explosión.

Factor de material: 16.

Ejemplos: Oxígeno, cloro, percloratos, bióxido de manganeso, peróxido de hidrógeno, peróxidos orgánicos, agentes nitrantes.

#### V. EXPLOSIVOS Y FULMINANTES.

Los explosivos y fulminantes deben ser objeto de una atención especial, basadas en las propiedades particulares del material y en el proceso. Deben obtenerse recomendaciones minuciosas del fabricante o de un experto especializado. - Los dispositivos mínimos de protección necesarios para manejar explosivos no corresponden al campo de aplicación de

éste trabajo. Esta categoría incluye los materiales conocidos - normalmente como explosivos, o sea la dinamita, el T.N.T. (trinitro tolueno) y la nitroglicerina, etc.

#### 4.6 ESTIMACION DEL INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION (I.I.E.) DE UNA PLANTA DE ALQUILACION. VER. PLANO 1.

Lugar: Refinería 18 de Marzo  
 Planta: Alquilación  
 Unidad: Area de reacción

##### MATERIALES Y PROCESOS.

Materias primas: isobutilenos, isobutanos  
 Productos: iso-octano, alquilado ligero  
 Subproductos: n-butano, propano, alquilado ligero, alquilado pesado.  
 Catalizadores: ácido fluorhídrico  
 Solventes: no  
 Substancias varias:  
 Reacciones: alquilación (reacción exotérmica)  
 Riesgos: incendio, explosión, incendio y explosión  
 Construcción: Abierta (2A)

1.- FACTOR DEL MATERIAL PARA: pentano = 18.

Valor que se obtiene del factor del material para combustibles líquidos con temperaturas de inflamación inferiores a 73 °F y puntos de ebullición inferiores a 100 °F. Factor de Material: 18.

## 2.- RIESGOS ESPECIALES DEL MATERIAL ( R.E.M. )

	% DEL FACTOR SUGERIDO	% DEL FACTOR USADO	
A.- Reacciona con agua produciendo un gas combustible.	0.30	NO	0
B.- Materiales Oxidantes.	0-20	0	0
C.- Susceptibles de sufrir descomposición explosiva.	125	0	0
D.- Susceptible a detonar	150	0	0
E.- Susceptible a polimerizarse espontaneamente.	50-75	0	0
F.- Susceptible a calentarse espontaneamente.	30	0	0
G.- Otros.		0	<u>0</u>
			0

TOTAL DE RIESGOS ESPECIALES DEL MATERIAL SE OBTIENE:

$$R.E.M. = \% A + \% B + \dots + \text{hasta } \% G. = 0$$

$$( 100 + \text{TOTAL R.E.M.} ) / 100 \times \text{FACTOR DEL MATERIAL} =$$

$$\text{SUBTOTAL No.2} = 1 \times 18 = 18$$

## 3.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO:

( Ver tabla riesgos generales del proceso ).

## 3.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO: ( R.G.P. ).

	<u>% DEL FACTOR SUGERIDO</u>	<u>% DEL FACTOR USADO</u>	
A.- Manejo de materiales y cambios físicos solamente.	0-50	0	0
B.- Reacciones continuas.	25-50	25	25
C.- Reacciones intermitentes.	25-60	0	0
D.- Reacciones sucesivas en el mismo equipo.	0-50	0	0
			<u>25</u>

TOTAL DE RIESGOS GENERALES DEL PROCESO SE OBTIENE:

R.G.P. = Sumando los % de A. hasta D. = 25

$(100 + \text{TOTAL R.G.P.})/100 \times \text{SUBTOTAL No.2} = \text{SUBTOTAL No. 3} =$

Sustituyendo se tiene:

$$1.25 \times 18 = 22.5$$

## 4.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO: ( R.E.P. )

	<u>% DEL FACTOR SUGERIDO</u>	<u>% DEL FACTOR USADO</u>	
A.- Reacciones a procesos difíciles de controlar	50-100	0	
B.- Alta Presión:			
1.- De 250 a 300 Psig. 20 Kg/Cm. <sup>2</sup>	30	30	30
2.- Arriba de 300 Psig.	60	0	
C.- Baja Presión. Abajo de 15 Psig.	0-100	0	
D.- Alta Temperatura:			
1.- Arriba de su temperatura de autoignición n <sub>C<sub>B</sub></sub> = 450 °F	25	0	
2.- De 500 °F a 1000 °F	10-50	0	
3.- Arriba de 1000 °F.	15-30	0	
E.- Baja Temperatura:			
1.- Acero al carbón de 50 °F a 20 °F	15	0	
2.- Menos de 20 °F	25	0	
F.- Condiciones próximas al rango de explosividad.	0-150	0	
G.- Peligro a polvos o nieblas.	30-60	0	
H.- Riesgos de explosión mayor de lo normal.	60-100	60	60
I.- Grandes cantidades de combustibles líquidos.			
1.- De 2000 a 6000 galones	40-55	0	
2.- De 6000 a 20 000 galones 10 000 galones	55-75	60	60
3.- De 20 000 a 50 000 galones.	75-100	0	
4.- Más de 50 000 galones.	100	0	
J.- Otros.		0	

TOTAL DE RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO SE OBTIENE.

R.E.P. = Sumando los % de A hasta J = 150

150

$(100 + \text{TOTAL DE R.E.P.})/100 \times \text{SUBTOTAL No. 3} = \text{TOTAL DEL INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION.}$

$$2.5 \times 22.5 = 56.25$$

De ésta manera se ha comprobado, que el resultado total del INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION para la Planta de alquiler es elevado. Y pertenece al rango, clasificado en la tabla de los rangos de los índices de incendio y explosión, con la letra C. - (I.I.E. Mayor de 40 pero menor de 90, a éste rango se le denomina, rango de alto índice de incendio y explosión).



## CAPITULO 5

# DISPOSITIVOS PARA CONTROLAR RIESGOS

## 5. DISPOSITIVOS PARA CONTROLAR RIESGOS.

5.1. A estos dispositivos se les ha llamado preventivos y protectores, cuyo fin es disminuir o neutralizar los riesgos, y -contra-restar las pérdidas potenciales causadas por el incendio o la explosión.

Los dispositivos seleccionados deben registrarse en la forma correspondiente. Este registro de los dispositivos aplicados es fundamental para obtener estándares aceptables de seguridad.

En seguida se presenta una tabulación de los dispositivos preventivos y protectores con el fin de facilitar la selección de los más apropiados. Aunque la lista es extensa, desde luego no es completa. Pueden usarse otros dispositivos protectores y preventivos cuando se juzgue que es necesario, dadas las características del proceso.

Los dispositivos preventivos y protectores se agrupan en este trabajo en las siguientes tres categorías:

- Primera: DISPOSITIVOS BASICOS PREVENTIVOS Y PROTECTORES.
- Segunda: DISPOSITIVOS MINIMOS PREVENTIVOS Y PROTECTORES.
- Tercera: DISPOSITIVOS PREVENTIVOS ESPECIFICOS.

### 5.1.1. DISPOSITIVOS BASICOS PREVENTIVOS Y PROTECTORES.

La primera categoría la forman aquellos dispositivos que deben emplearse siempre, cualquiera que sea el grado de riesgo de incendio o explosión. Muchos de éstos dispositivos se

incluyen en el diseño de cualquier Planta, estén o no presentes productos inflamables. Cuando no se han considerado los dispositivos básicos preventivos y protectores que sean aplicables, - resultará vano el cálculo del I.I.E.

#### 5.1.2. DISPOSITIVOS MINIMOS PREVENTIVOS Y PROTECTORES.

En ésta segunda categoría se incluyen aquellos dispositivos que se recomiendan o consideran según la probabilidad y la intensidad del fuego o explosión que se estime posible. La utilidad de algunos de estos dispositivos es muy diferente, es decir, resulta difícil de evaluar en forma objetiva, por lo tanto, constituyen generalmente la parte más discutible del conjunto de dispositivos tomados en cuenta. Los dispositivos de protección que exigen las compañías de seguros, están incluidos en general en ésta categoría. La mayor parte de éstos dispositivos son de naturaleza protectora; esto es, tienen por objeto limitar los perjuicios causados cuando ocurre un incendio o explosión. Algunos de ellos son preventivos en el sentido de que están destinados a impedir ciertas situaciones que puedan producir una catástrofe.

#### 5.2. DEFINICION DE LOS RANGOS DEL INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION.

La aplicación de los dispositivos protectores de la segunda categoría se han dividido en cuatro rangos, de acuerdo con la magnitud del índice y explosión. Estos rangos son:

##### MAGNITUDES DEL INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION.

#### 5.2.1 INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION MENOR DE 20:

Comprende a los procesos que manejan materiales poco infla-

mables con poca tendencia a explotar. Las condiciones del proceso son moderadas. La probabilidad de que ocurra un incendio puede ser ligera, o bien el incendio podrá ser fácilmente extinguido, o podrá causar pocos daños. Este rango se menciona como el rango de bajos índices de incendio y explosión.

#### 5.2.2. INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION MAYOR DE 20, PERO MENOR DE 40.

Abarca los procesos que manejan materiales de inflamabilidad moderada o alta, o de susceptibilidad explosiva moderada. Los materiales manejados pueden ser moderadamente activos. Si se presentara un incendio, sería difícil apagarlo y podría causar daños considerables. Este rango puede llamarse el rango de índices medios de incendio y explosión.

#### 5.2.3. INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION MAYOR DE 40, PERO MENOR DE 90

Comprende a los procesos en que se manejan materiales de moderada a elevada inflamabilidad y de moderada o gran susceptibilidad explosiva. Los materiales manejados pueden ser muy activos. Las condiciones de proceso van desde moderadas a peligrosas. Si se presentara un incendio, sería difícil apagarlo y causaría daños considerables o extensos. La posibilidad de una explosión deber ser tomada en cuenta, aún cuando no se manejan materiales considerados normalmente como explosivos. Este rango puede denominarse el rango de altos índices de incendio y explosión.

#### 5.2.4. INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION MAYOR DE 90:

Cubre aquellos procesos muy similares a los del rango de -

(I.I.E.) mayores de 40, pero menores de 90, en aquellos casos en que la acumulación de factores dá origen a un riesgo mayor. Los dispositivos recomendados para este rango son generalmente los mismos que se recomiendan para los índices del rango 40-90. Sin embargo, a causa del peligro extremo, la utilización de estos dispositivos debe ser más severa que en el rango 40-90. Igualmente, los dispositivos básicos descritos en la Tabla 1, pueden ser superados; o sea, los recipientes pueden construirse con mayores factores de seguridad. Y ser objeto de una inspección más minuciosa en el curso de la fabricación, pueden usarse tuberías de mayor espesor, pueden instalarse dispositivos de alivio de mayor capacidad o en mayor número.

También pueden colocarse instrumentos por duplicado para controlar el proceso. Así mismo será más extensa la utilización de los dispositivos de alarma. Este rango puede ser denominado como rango de índices de incendio y explosión muy altos.

Los rangos de los (I.I.E.) pueden traslaparse hasta cierto punto. Cuando una unidad tiene un I.I.E. que se encuentra a menos de 5 puntos del límite de un rango, deben empezarse a considerarse los dispositivos del siguiente rango superior, o bien pueden omitirse dispositivos no recomendados en el rango inferior adjunto, según resulte aplicable. Si por ejemplo, una unidad tiene un índice de 18 pueden aplicarse algunos de los dispositivos del rango 20-40; mientras que si una unidad tiene un índice de 22 pueden no aplicarse algunos de los dispositivos del rango 20-40.

### 5.3. DEFINICION DE LOS GRUPOS DE INCENDIO Y EXPLOSION.

La selección de éstos dispositivos no sólo se basa en los -

rangos de índice de incendio y explosión, sino también en el tipo general de riesgo.

Agrupándolos de la siguiente manera:

- GRUPO 1 INCENDIO
- GRUPO 2 INCENDIO Y EXPLOSION
- GRUPO 3 EXPLOSION SEGUIDA DE INCENDIO
- GRUPO 4 EXPLOSION

#### 5.3.1. GRUPO 1: INCENDIO

El principal riesgo lo presenta la ocurrencia de un incendio en la unidad. Puede presentarse una explosión, si se acumulan cantidades importantes de vapores que forman una mezcla explosiva. Si al determinar el índice de incendio y explosión, no se aplican los factores correspondientes a la posibilidad de descomposición explosiva (2-C); posibilidad de detonación (2-D); operación dentro del margen de explosividad o cerca de él (4-E); riesgo de polvos o nieblas (4-G); o riesgos de explosión mayores que el promedio (4-H); la unidad probablemente representa ante todo un riesgo de incendio.

Ejemplo: Purificación de hexano.

#### 5.3.2. GRUPO 2: INCENDIO Y EXPLOSION.

Existe un riesgo significativo tanto de incendio como de explosión y cualquiera de estas dos causas puede dar origen al

sinistro. Puede ocurrir también cualquiera de ellos después del otro.

Ejemplo: Purificación de óxido de etileno.

### 5.3.3. GRUPO 3: EXPLOSION SEGUIDA DE INCENDIO

El principal peligro lo representa la posibilidad de una explosión capaz de iniciar un siniestro. La cantidad de materia - les inflamables pueden estar presentes después de una explosión, es suficiente para dar origen a un incendio de importancia.

Ejemplo: Manejo de acetileno gaseoso a más de 20 lb/pulg.<sup>2</sup> de presión parcial, en combinación con otros materiales inflamables.

### 5.3.4. GRUPO 4: EXPLOSION

El Único riesgo que existe en la unidad es la posibilidad de una explosión. La cantidad de material inflamable que es de esperar que esté presente antes o después de la explosión no basta para sostener un incendio de importancia. Cuando los factores correspondientes a los párrafos 2-C, posibilidad de descomposición explosiva; o 2-D, posibilidad de detonación; se aplican con su valor máximo al determinar el índice de incendio y explosión, es probable que la unidad represente básicamente un riesgo de explosión.

Ejemplo: Manejo de acetileno gaseoso a presiones parciales superiores a 20 lb/pulg.<sup>2</sup>

Los dispositivos que figuran en las tablas 1 y 3 se aplicará sin tomar en cuenta a cual de los grupos anteriores pertenece el riesgo existente en una unidad.

#### 5.4. EXPLICACION DE LOS DISPOSITIVOS MINIMOS RECOMENDABLES.

A continuación se explica el propósito de los dispositivos - mínimos recomendables que aparecen en la tabla 2A.

##### 5.4.1. SUMINISTRO DE AGUA PARA EL SERVICIO DE CONTRAINCENDIO

El suministro de agua para el servicio contraincendio se de termina por el número de aspersores que se supone operarán y el número de chorros de agua que se espera en caso de incendio.

Los factores principales que determinan el número de aspersores y el número de chorros de agua previstos son:

- 1.- TRIPULACION.
- 2.- COMBUSTIBILIDAD DEL MATERIAL CONTENIDO.
- 3.- DISTRIBUCION DEL MISMO.
- 4.- TIPO DE CONSTRUCCION.
- 5.- TAMARO DEL INCENDIO POSIBLE.

Los requerimientos de agua deberán ser estimados tomando en consideración las necesidades presentes y futuras, y deben aumen tarse si es posible que ocurran circunstancias muy desfavorables.

El suministro de agua puede prevenir de conexiones a otras redes de agua, de tanques elevados, de bombas de contraincendio que succionen de depósitos adecuados y de tanques con presión.

Los hidrantes especiales para contra incendio son ventajosos cuando es posible tenerlos.

#### 5.4.2. PROTECCION CONTRA INCENDIO DE LOS SOPORTES ESTRUCTURALES.

Esto se refiere al uso de materiales resistentes al fuego como por ejemplo: concreto, bloques de cemento, etc.; y gradua su aplicación a las estructuras de acero que soportan recipientes y equipo, o tuberías. El grado de aplicación depende generalmente de la cantidad de materiales inflamables que existe. Se aumentan los requerimientos en casos extremos, cuando hay un gran desprendimiento de calor.

Un incendio de una hora en los rangos, alto y muy alto puede desprender mucho calor como uno de 2 ó 3 horas en los rangos inferiores. La extensión con que se aplica; esto es, el número de elementos soportantes que se encuentran protegidos; es mayor cuando aumenta el índice de incendio o explosión. Por ejemplo, sólo es necesario que estén protegidos los soportes de los recipientes principales en las áreas de los rangos bajo y medio, pero deberá protegerse prácticamente todo el acero estructural, en las áreas de los rangos alto y muy alto. La razón para proteger mayor número de soportes en los casos de índice más alto, es el hecho de que en un colapso del acero estructural dará origen a situaciones muy peligrosas.

La aspersión orientada de agua, puede reemplazar a la aplicación de recubrimientos resistentes al fuego, en algunos casos, - pero no se le considera una medida tan satisfactoria como el uso de éstos materiales.

#### 5.4.3. PROTECCION CON ASPERSORES DE AGUA: EQUIPO Y AREA.

Esta sección abarca la aplicación, el modo de aplicación y la densidad de la aplicación de los aspersores de agua sobre los recipientes y otros equipos. Esta aplicación se encuentra basada en el índice de incendio y explosión. Las razones que existen para basar esta protección, son las siguientes.

- 1.- Entre mayor es el índice de incendio y explosión, resulta más difícil la extinción del fuego.
- 2.- Mientras mayor es el índice de incendio y explosión, es también mayor la cantidad de calor que debe absorberse para proteger el equipo expuesto.
- 3.- Mientras mayor sea el índice de incendio y explosión, es también mayor el riesgo potencial originado por una eventual exposición al fuego. Si no se encuentran presentes sólidos o líquidos inflamables, puede no ser necesario la instalación de aspersores de agua, salvo en el caso en que convenga proteger tuberías de posibles daños causados por el fuego; cuando existen grandes volúmenes de gases inflamables cuyo flujo no puede suspenderse.

#### 5.4.4. CRISTALES DE NIVEL.

Esta sección se refiere a la protección o eliminación de las partes de cristal. Se aumenta la protección en los casos de índices de incendio y explosión elevados. Las razones para hacerlo así son.

- 1.- Mayor posibilidad de esfuerzos causados por temperaturas altas o bajas, cambios térmicos bruscos, presiones elevadas, etc.

2.- Principalmente por el mayor riesgo que representa una falla.

#### 5.4.5. DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTACION ESPECIALES.

Aquí se cubre la instrumentación o dispositivos - - que se instalan fundamentalmente con propósito de - - SEGURIDAD, y no por necesidades de la instrumentación del proceso. Algunos ejemplos son:

##### 5.4.5.1. Corrientes de carga controladas.

Estas corrientes se controlan de tal modo que cuando una de ellas varfa, la otra es ajustada para evitar riesgos.

##### 5.4.5.2. Aparatos analizadores que funcionan como alarmas.

Estos analizadores llevan al equipo a condiciones seguras, cuando se presenta una condición peligrosa o implementa función como alarma.

##### 5.4.5.3. Válvulas de operación remota.

Estas válvulas están localizadas lejos a los recipientes, de tal modo que en caso de incendio se pueda bloquear la alimentación desde un sitio seguro. Este tipo de protección se considera de aplicación básica en aquellos procesos con índice de incendio y explosión de 20 ó mayores. La razón para ello, consiste en que ciertos procesos relativamente exentos de riesgo, pueden volverse peligrosos durante los periodos de funcionamiento defectuoso. La extensión con que se aplica este tipo de dispositivos, aumenta a medida que crecen los índices, ya que un pequeño defecto, puede originar que el proceso se descontrole, y será mayor el riesgo potencial que se origine. Se aumenta el grado de aplicación instalándolos en mayor número de puntos o bien previendo instalaciones duplicadas o sistemas de acción encadenadas.

Se dice que un sistema es duplicado cuando existen dos sistemas idénticos instalados en paralelo, ó

dos sistemas diferentes que realizan esencialmente la misma función, instalados en paralelo. Se dice que un sistema es de acción encadenada cuando existe un sistema primario y un sistema secundario, de tal modo relacionados por las fallas del sistema primario pongan en acción el sistema secundario.

#### 5.4.5.4. SISTEMAS DE VACIADO, DESCARGA O ENFRIAMIENTO BRUSCO.

Todo esto se refiere a la instalación de instrumentos, es decir a los sistemas instalados para permitir la eliminación segura y efectiva de los materiales peligrosos hacia el exterior del área, o bien para enfriar o diluir bruscamente esos materiales. Algunos ejemplos serían:

- 1.- Vaciado de líquidos inflamables hacia una fosa remota donde puedan quemarse.
- 2.- Descarga de vapores inflamables hacia un quemador o chimenea de purgas.
- 3.- La adición de un material inerte al contenido de un recipiente de proceso.

#### 5.4.5.5. PROTECCION CONTRA EXPLOSIONES INTERNAS.

Esto lo refiero a la instalación de instrumentos de control dispositivos o medidas que garanticen que no se formen mezclas explosivas en el interior de los recipientes de proceso. Si no es posible evitar que el equipo llegue a contener mezclas explosivas, debe facilitarse el modo para dar salida, contener o su -

primir la explosión, o bien eliminar toda fuente de ignición. -  
Como ejemplos pueden citarse:

- A.- Atmósferas inertes sobre las superficies inflamables de los líquidos contenidos en tanques, cuando el espacio de vapor puede encontrarse dentro del margen de explosividad, en caso de entrada de aire.
- B.- Instrumentos colocados en cadena en aquellos procesos que operan cerca del margen de explosividad, para evitar que el proceso pueda originar una explosión.
- C.- Purga de gases hacia cabezales de alivio o descarga.
- D.- Gases inertes para prevenir explosiones de polvos, etc. La aplicación se realiza en gran parte del mismo modo que para los dos párrafos anteriores.

#### 5.4.5.6. CONTROL DE GASES COMBUSTIBLES.

Con respecto a los sistemas que controlan la presencia de gases combustibles, ya sea cuando hacen funcionar una alarma o cuando ponen en acción mecanismos de protección. La aplicación se decide fundamentalmente de acuerdo con la disposición del equipo, o sea, según se encuentre en lugares abiertos, congestionados o cerrados. El funcionamiento de los mecanismos protectores se basa en el incremento de riesgo que afecta el índice de incendio y explosión.

#### 5.4.5.7. EXPLOSIONES DE POLVOS.

Este párrafo abarca los mecanismos preventivos y protecto -

res relacionados con los riesgos de explosión causada por polvos. La aplicación es en este caso semejante para todos los índices de incendio y explosión, ya que los riesgos de explosión causada por polvos es probable que existan sólo en los índices inferiores y la severidad y magnitud de las explosiones causadas por polvos es difícil de predecir.

#### 5.4.5.8. PROTECCION DEL SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO, EN CASOS DE EXPLOSION.

Esta sección abarca la protección de la red de agua contra incendio sus ramales y líneas de aspersores en casos de explosión. La aplicación aumenta para los índices de incendio y explosión elevados a causa de la creciente probabilidad de que ocurra una explosión y de la creciente necesidad de mantener cubiertas con niebla de agua ciertas áreas en caso de presentarse una explosión y el incendio subsecuente.

#### 5.4.5.9. OPERACION REMOTA:

Esta sección cubre el empleo de instrumentación especial, mecanismos adecuados o técnicas de trabajo que permitan la operación remota de equipo peligroso. Solo se aplica a los más altos índices de incendio y explosión.

La aplicación sólo se justifica en aquellas operaciones tan riesgosas que no puede permitirse la entrada del personal al área; éste tipo de operaciones no es de esperar cuando los índices de incendio y explosión son bajos.

#### 5.4.5.10. MUROS DE PROTECCION.

En esta sección se cubre la instalación de muros que aislen operaciones muy peligrosas.

Ejemplo: Reactores de polietileno de alta presión.

#### 5.4.5.11. VENTILACION DE EDIFICIOS

Aquí se abarca la ventilación de los edificios para extraer el gas de combustión y el calor causados por un incendio, así como para la extracción de vapores inflamables. La intensidad de la ventilación aumenta cuando crece el índice de incendio y explosión, porque existe entonces mayor probabilidad de que ocurran escapes, o mayores riesgos si ocurre un escape, lo cual hace necesaria una mayor protección.

#### 5.4.5.12. DESCARGA DE GASES EN CASO DE EXPLOSION

En este párrafo se abarca la instalación de áreas débiles para descargar los gases originados en una explosión, que se encuentren situadas en los muros exteriores o en los techos. La aplicación es semejante al caso anterior.

#### 5.4.5.13. CONSTRUCCION DE EDIFICIOS A PRUEBA DE INCENDIO

Para esto se utilizan materiales resistentes al fuego en el acabado de edificios con estructura de acero. La aplicación es semejante a la protección contra incendio de los soportes estructurales.

#### 5.4.5.14. SEPARACION FISICA (PARA EVITAR SITUACIONES EXPUESTAS)

Separación que debe existir entre las Plantas, de tal modo que la máxima pérdida probable no sea mayor a un millón de dólares. La separación aumenta cuando crece el índice de incendio y explosión por la mayor probabilidad de que se transmita un incendio o los efectos de una explosión.

#### 5.5. DISPOSITIVOS PREVENTIVOS ESPECIFICOS

Aquí se cubren las medidas que protegen específicamente de aquellos riesgos que se consideren en el cálculo del índice de incendio y explosión bajo los rubros de los riesgos especiales de los materiales, riesgos generales del proceso y riesgos especiales de los materiales en el proceso. Estos dispositivos tienen un carácter principalmente preventivo.

En el curso del cálculo del índice de incendio y explosión, deben tomarse en cuenta muchos riesgos especiales. La lista de recomendaciones que figuran en la tabla número tres. Referentes a los dispositivos que previenen riesgos específicos, de ninguna manera debe de considerarse completa. Pero cuando menos, las recomendaciones que ahí se hacen pueden servir para una revisión inicial. Pueden emplearse otras protecciones específicas si se juzga necesario, de acuerdo con el conocimiento y la evaluación del proceso.

#### 5.6. CALCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA PARA AGUA CONTRA INCENDIO EN LA PLANTA DE ALQUILACION

Una vez trazado el trayecto del flujo de agua de abasteci -

miento, se procede a los siguientes datos.

$$\text{Gasto total} \quad Q_t = 3500 \text{ gal./min.}$$

$$\text{Gasto por la línea 1} \quad Q_1 = 1750 \text{ gal./min.}$$

$$Q_2 = 1750 \text{ gal./min.}$$

La presión de salida es de 100 lb./pulg.<sup>2</sup> En la zona más alejada del trayecto del flujo de agua contra incendio.

Si se considera una presión de entrada para el agua en el circuito de 115 lb./pulg.<sup>2</sup>.

La distancia recorrida por el agua en la línea 1 será.

$$L_1 = 117 \text{ m} + 23.5 \text{ m} = 140.5 \text{ m}$$

$$(140.5 \text{ m}) \left( \frac{1 \text{ Ft}}{0.3048 \text{ m}} \right) = 461 \text{ Ft}$$

461 Ft más un 20% de exceso por las pérdidas por fricción en los accesorios en la línea No. 1.

$$461 \text{ Ft} \times 1.2 = 553 \text{ Ft.}$$

$$L_2 = 47 \text{ m} + 117 \text{ m} + 23.5 \text{ m} = 187.5 \text{ m}$$

$$(187.5 \text{ m}) \left( \frac{1 \text{ Ft}}{0.3048 \text{ m}} \right) = 615 \text{ Ft} \times 1.2 = 738 \text{ Ft}$$

La diferencia de presiones será:

$$115 \text{ lb/pulg}^2. - 100 \text{ lb/pulg}^2. = 15 \text{ lb/pulg}^2.$$

La caída de presión por cada 1000 Ft de tubería en la línea No. 1 será:

$$P_1 = \frac{15 \text{ lb/pulg}^2. \times 1000 \text{ Ft}}{553 \text{ Ft}} = 27.12 \text{ lb/pulg}^2.$$

$$P_2 = \frac{15 \text{ lb/pulg}^2. \times 1000 \text{ Ft}}{738 \text{ Ft}} = 20.32 \text{ lb/pulg}^2. \text{ que es la}$$

caída de presión por cada  
1000 Ft de tubería. En la  
línea No. 2.

Buscando en la tabla 21.10 el valor del factor C. Para después usarlo con la tabla 21.9

Se encuentra que el valor de C = 130 que corresponde a un factor de 0.615. Tabla 21.10

$$\text{en donde: } 27.12 \times 0.615 = 16.67 = 17$$

$$20.32 \times 0.615 = 12.49 = 12.5$$

Observando éstos valores en la tabla 21.9 se obtiene un diámetro de 12" para la línea No. 1 y Línea No. 2.

5.7. CALCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA PARA SERVICIO DE AGUA CONTRA-INCENDIO EN LA PLANTA DE ALQUILACION.

Puntos de referencia, se toman los puntos  $P_1$  y  $P_2$ .

La superficie del agua en la cisterna punto 1.

La salida del agua en los aspersores y monitores como punto 2.

Según los datos serán:

$Q = 0$  en la superficie del agua en la cisterna.

$E_1 = E_2$  la misma energía.

$Z_1 = 0$  altura en el punto 1.

$Z_2 =$  Altura en el punto 2 para aspersores = 13 pies.

$P_1 = P_2 = 1$  atm.

$V_1 = V_2 = \frac{1}{62.3}$  Ft<sup>3</sup>/lb fluido incompresible isotérmico.

= 295 pies que se obtiene de:

$h = 100$  lb/pulg<sup>2</sup>. + 15 lb/pulg<sup>2</sup>. + 15 lb/pulg<sup>2</sup>. = 130 lb/pulg<sup>2</sup>.

130 lb/pulg<sup>2</sup>. = 9 kg/cm<sup>2</sup> = 90 m de agua = 295 Ft porqué

1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 m.

Considerando  $V_1 = V_2 = 0$  constantes los niveles de líquido.

Si usamos la ecuación.

$$\Delta E + \Delta \left( \frac{v^2}{2gc} \right) + \Delta z \frac{g}{gc} + \Delta(PV) = Q - \Sigma F - \dot{w}f$$

Sustituyendo los valores de los datos en la ecuación se tiene:

$$0 + 0 + 13 \text{ ft} + 0 = 0 - \Sigma F - \dot{w}f$$

$$13 \text{ ft} = - 295 \text{ ft} - \dot{w}f$$

$$-\dot{w}f = 295 + 13 = 308 \text{ ft} - \text{pie lbf/lb}$$

El trabajo se hace sobre el fluido por la bomba.

CALCULO DE LA POTENCIA DEL CONJUNTO MOTOR BOMBA PARA AGUA CONTRA INCENDIO DE LA PLANTA DE ALQUILACION.

SE CALCULA EL AREA TRANSVERSAL DE LA TUBERIA (S).

$$1/4 \pi D^2 = \frac{3.14}{4} \left( \frac{12''}{12} \right)^2 = 0.785 \text{ ft}^2$$

LA VELOCIDAD PROMEDIO DEL FLUIDO EN EL TUBO SE CALCULA PARTIENDO DEL GASTO VOLUMETRICO DEL FLUJO Y SE TIENE.

$$(3500 \text{ gal./min.}) \left( \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg.}} \right) \left( \frac{8.34 \text{ lb de agua}}{1 \text{ gal.}} \right) \left( \frac{1 \text{ ft}^3}{62.3 \text{ lb}} \right) \left( \frac{1}{0.785 \text{ ft}^2} \right) =$$

de agua

$$= \left( \frac{3500}{60} \right) \left( \frac{8.34}{62.3} \right) \left( \frac{1}{0.785} \right) = \frac{29190}{2934.33} = 9.94 = 10 \text{ ft/seg.}$$

APLICANDO LAS ECUACIONES SIGUIENTES PODREMOS CALCULAR LA POTENCIA TEORICA Y LA POTENCIA REAL REQUERIDA DEL CONJUNTO MOTOR-BOMBA PARA AGUA CONTRA INCENDIO.

POTENCIA

$$\text{TEORICA} = (\dot{w} f) (w)$$

donde:

$$w = \bar{V} \int S$$

$w$  = Velocidad flujo de la masa lb/seg.

$\bar{V}$  = Velocidad promedio del fluido Ft/seg.

$\int$  = Densidad del fluido lb/Ft<sup>3</sup>

$S$  = Area transversal del flujo Ft<sup>2</sup>

SUSTITUYENDO VALORES EN LA ECUACION PARA LA POTENCIA TEORICA SE TIENE:

POTENCIA

$$\text{TEORICA.} = (308 \text{ ft-Pie lb/ft}) \left( \frac{10 \text{ Ft}}{\text{seg}} \right) \left( \frac{62.3 \text{ lb}}{\text{Ft}^3} \right)$$

$$\left( \frac{0.785 \text{ Ft}^2}{550 \text{ Ft} - \text{lb/seg.}} \right) \left( \frac{1 \text{ H. P.}}{550} \right) =$$

$$= \frac{(308)(10)(62.3)(0.785)}{550} = \frac{150628.94}{550} = 273.8 \text{ h. p.}$$

SI CONSIDERAMOS UNA EFICACIA DEL CONJUNTO MOTOR-BOMBA DE 70%. LA POTENCIA REAL REQUERIDA SERA:

$$\begin{aligned} \text{POTENCIA REAL REQUERIDA} &= \frac{(308)(62.3)(10)(0.785)}{550} \left( \frac{1}{0.70} \right) = \\ &= \frac{150628.94}{385} = 391.24 \text{ H.P.} = 400 \text{ H.P.} \end{aligned}$$

Por el resultado del cálculo, se elige un conjunto MOTOR-BOMBA de 400 H.P.

## 5.8. CALCULO DE SISTEMAS DE ASPERSORES DE AGUA CONTRA INCENDIO.

Los sistemas de aspersores de agua contra incendio se pueden diseñar bajo diversos criterios, se pueden diseñar para extinguir, combatir o proteger el área donde se encuentran instalados. Para calcular los sistemas de aspersores existe una norma: "Standards of the National Board of Fire Underwriters for Water Spray systems for Fire Protections".

Así que para calcular el sistema de aspersores, lo primero es decidir el tipo de aspersor de acuerdo con el área a proteger.

De acuerdo con esto se selecciona el aspersor adecuado. Ver Fig. No. 8 en el apéndice. Esta gráfica nos muestra el comportamiento del aspersor.

La presión mínima de operación del aspersor deberá ser de  $51 \text{ lb/pulg}^2$  con lo que nos proporciona un gasto de 5.9 gpm así que esta presión y gasto serán los del aspersor más alejado a la alimentación y nos servirá para calcular el número de aspersores necesarios de la siguiente forma:

$$\text{Número de Aspersores} = \frac{\text{Gasto Total}}{5.9}$$

Para el caso referente a la Planta de Alquilación

Gasto Total = 3500 gal./min. de agua de servicio contra incendio.

Por tanto:

$$\text{Número de Aspersores} = \frac{3500 \text{ gal./min.}}{5.9 \text{ gal./min.}} = 593$$

Este resultado es el número de aspersores necesarios en la Planta de Alquilación.

De acuerdo con el ángulo de aspersión se distribuyen los aspersores y se determina su distancia al recipiente deseado.

**5.9. EQUIPO DE PROTECCION PARA EL PERSONAL DE OPERACION DE LA PLANTA DE ALQUILACION.**

El personal de mantenimiento que intervenga en las maniobras descritas deberá estar protegido con equipo contraácido con respirador contra vapores orgánicos y gases --ácidos (máscara canister amarillo).

Herramientas de seguridad para separar las bridas, será: cuña y martillo, chamarra contra ácido, guantes de neo--preno, pantalla facial, casco monogogles, guantes de - -piel, cinturón de seguridad con estribo de manilla, resplrador contra polvos, zapatos de neopreno.

Equipo de protección respiratoria con suministro de aire.

Extractor de gases con inyección de vapor para desalojar el volumen de gases y se tendrá funcionando en favor del viento.

Equipo completo contra ácido con capucha de acítex con - suministro de aire.

5.10 MEDIDAS DE SEGURIDAD Y RECOMENDACIONES GENERALES  
PARA LA PLANTA DE ALQUILACION

- a) Para todos los trabajos en la Planta de Alquiler, se tramitará la solicitud de trabajo correspondiente y el permiso de trabajo peligroso si es solicitado, marcándose el equipo de protección personal que se deba usar de acuerdo a esta reglamentación.
- b) En el primer día de la reparación únicamente trabajarán en la Planta las cuadrillas de tubería encargadas de colocar las juntas ciegas, - para lo cual usarán el equipo indicado en la presente reglamentación.
- c) Durante la reparación deberá consultarse al encargado de Plantas o - el operador especialista, sobre el equipo de protección que deba usarse para cada uno de los trabajos que se llevan a cabo de acuerdo con esta reglamentación y sobre todo vigilar que esas indicaciones se - cumplan.
- d) Si como resultado de la inspección y calibración es necesario una reparación con aplicación de soldadura, deberá instalarse eyectores - accionados por aire o vapor en el registro o boquillas superiores a donde se esté trabajando, proporcionando al operador soldador, aparte de su equipo habitual, careta con suministro de aire.
- e) Previamente a la reparación, los Ingenieros de mantenimiento e Inspección Técnica y Seguridad Industrial efectuarán una revisión de - guindolas, winche de aire, plataformas, andamios, escaleras, etc.
- f) Para todo trabajo de altura será obligatorio el uso del cinturón de seguridad.
- g) Toda ejecución de trabajo en el área de la Planta de alquiler será supervisada por el Ingeniero Supervisor de Seguridad y podrá dictar medidas adicionales de seguridad a las de éste reglamento si el trabajo por sus condiciones lo amerita.

- h) Los cabos y encargados serán responsables de que el personal a su cargo use el equipo de protección personal indicado.**

#### 5.11. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD PARA EL PERSONAL DE OPERACION DE LA PLANTA DE ALQUILACION.

La protección contra-incendio consistirá en cortinas de agua, que el personal de contra-incendio deberá accionar en caso necesario.

El personal de operación deberá usar el equipo de protección personal indicado por los reglamentos de Seguridad para el manejo de ácido -- fluorhídrico (HF) en casos de paro de la unidad, equipo de protección contra ácido con respirador con cartucho químico contra vapores orgánicos y gases ácidos.

Todo el personal que trabaje en la colocación y retiro de juntas ciegas en equipos y líneas que manejen ácido fluorhídrico deberán usar equipo de protección personal contra ácido con suministro de aire.

Las válvulas de seguridad que manejan ácido fluorhídrico deberán desarmarse con las mismas precauciones que se tomaron para las juntas ciegas, usando el equipo contra ácido, con suministro de aire.

Toda válvula que requiere revisión o reparación deberá ser abierta, - desmontada, neutralizada y lavada antes de desarmarse.

Usar como equipo de protección personal equipo contra ácido instalándose eyectores accionados por aire en el registro superior a donde se está trabajando para mantener una buena ventilación.

El cabo vigilará la ejecución del trabajo previsto de una mascarilla con canister amarillo.

Los cabos de las cuadrillas encargadas del trabajo, deberán firmar de enterados la presente reglamentación y serán responsables de que el personal a su cargo use el equipo de seguridad indicado.

Las tablas siguientes contienen las recomendaciones de los dispositivos preventivos y protectores.

T A B L A No. 1

## DISPOSITIVOS BASICOS PREVENTIVOS Y PROTECTORES

- A. Suministro adecuado de agua para protección contra incendio.
- B. Diseño estructural de recipientes, tuberías, acero estructural.
- C. Dispositivos de alivio de presión.
- D. Resistencia a la corrosión y/o márgenes de corrosión.
- E. Confinación de los materiales reactivos, dentro de ciertas zonas de las líneas de proceso y del equipo.
- F. Conexión a tierra de los equipos eléctricos.
- G. Localización segura de cierto equipo eléctrico (transformadores, interruptores, etc.).
- H. Protección normal contra fallas de los servicios auxiliares (sistema doble de alimentación eléctrica, compresora de aire de instrumentos de relevo, etc.).
- I. Cumplimiento de los diversos códigos aplicables (ASME, NEC, ASTM, USAS, NORMAS DE SEGURIDAD, NORMAS OFICIALES, ETC.)
- J. Instrumentación a pruebas de fallas.
- K. Libertad de acceso al área para los vehículos, en casos de emergencia, y salidas adecuadas para evacuar al personal.
- L. Drenaje adecuado para desahogar los derrames probables, más el agua de contra incendio u otros materiales.
- M. Recubrimiento de las superficies calientes con material aislante para disminuir la temperatura a menos del 80% de la temperatura de autoinflamación de los productos existentes en el área.

N. Debe estarse a lo dispuesto por el código nacional eléctrico con contadas excepciones.

T A B L A No. 2

DISPOSITIVOS MINIMOS PREVENTIVOS Y PROTECTORES SEGUN EL VALOR DEL INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION.

PLANTA DE ALQUILACION CONSTRUCCION AL AIRE LIBRE.

DISPOSITIVOS PROTECTORES:

- 1.- Abastecimiento de agua para servicio de contra incendio.
  - Es aplicable si el valor del I.I.E. es de 0-20.
- 2.- Protección contra incendio de los soportes estructurales.
  - Es aplicable si el valor del I.I.E. es de 20-40
- 3.- Aspersión automática con agua y protección con rociadores.
  - Es aplicable si el valor del I.I.E. es de 20-40
- 4.- Cristales y niveles (incluye rotámetros, ventanillas de observación, etc. En servicio con materiales inflamables).
  - Es aplicable si el valor del I.I.E. es de 40-90.
- 5.- Dispositivos o instrumentación especiales.
  - Es aplicable si el valor del I.I.E. es de 40-90
- 6.- Sistema de vaciado, descarga o enfriamiento brusco.
  - Es aplicable si el valor del I.I.E. es de 40-90
- 7.- Alarma por presencia de gases combustibles.
  - Es aplicable si el valor del I.I.E. es de 40-90

- 8.- Protección del sistema de agua contra incendio en casos de explosión.
  - Valor del índice de incendio y explosión 40-90.
- 9.- Instrumentación remota.
  - Valor del índice de incendio y explosión 40-90.
- 10.- Muros protectores.
  - Valor del índice de incendio y explosión 40-90.
- 11.- Separación física. Dividir el área de proceso en varias - fracciones para evitar que la pérdida probable pueda exceder de un millón de dólares.

T A B L A No. 2A

DISPOSITIVOS PREVENTIVOS Y PROTECTORES MINIMOS RECOMENDABLES  
SEGUN EL VALOR DEL INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION.

PLANTA DE ALQUILACION CONSTRUCCION AL AIRE LIBRE.

DISPOSITIVOS PROTECTORES:

- 1.- Abastecimiento de agua para servicio de contraincendio.
  - Grupo.- Para todos.
  - Índice de incendio y explosión 0-20.
  - Código nacional contraincendio vol. 1, NFPA No. 13.
- 2.- Protección contraincendio de los soportes estructurales.
  - Grupo.- 1.
  - Índice de incendio y explosión 20-40.

Por lo menos debe aplicarse de tal modo que permita soportar un incendio de 1 hora si la cantidad de productos inflamables se encuentra entre 2000 y 6000 galones.

Es suficiente aplicarlo a los soportes de los principales recipientes. Si existen más de 6000 galones de productos inflamables, la resistencia contra incendio deberá aumentarse proporcionalmente y el área de aplicación también debe incrementarse hasta incluir todas las estructuras que soporten carga en el área del incendio.

3.- Aspersión automática con agua y protección con rociadores.  
Grupo.- 1.

- Índice de incendio y explosión 20-40.

Los recipientes de proceso y el equipo que contenga líquidos inflamables deben estar protegidos con aspersión dirigida hacia el extremo superior de las flamas o hacia el nivel normal del líquido según lo que se encuentre a mayor altura. La densidad de la aspersión debe establecerse entre 0.25 y 0.50 gal./min. pie<sup>2</sup>.

Puede justificarse la aspersión sobre el área para arrastrar los materiales inflamables hacia afuera de ella.

4.- Cristales y niveles (incluye rotámetros, ventanillas de observación, etc. En servicio con materiales inflamables  
Grupo.- Todos.

- Índice de incendio y explosión 40-90.

Eliminense los cristales o también utilícense cristales re  
flex o semejantes con válvulas de bloqueo normalmente ce -  
rradas (actuadas con resortes o contra peso).

5.- Dispositivos o instrumentación especiales.

Grupos.- Todos.

- Índice de incendio y explosión 40-90.

Para detener o disminuir al mínimo el flujo de materiales  
inflamables hacia el incendio.

Para prevenir o disminuir al mínimo, las condiciones peli-  
grosas en el reactor o los recipientes de proceso.

Algunas unidades requieran sistemas duplicados o en cade-  
na.

Puede justificarse que la instrumentación normal sea dupli-  
cada o en cadena.

6.- Sistemas de vaciado descarga o enfriamiento brusco.

Grupo.- Todos.

- Índice de incendio y explosión 40-90.

Índices mayores pueden ser deseables en algunos casos, pa-  
ra extraer del área los productos inflamables.

Utilícense sistemas de vaciado, descarga, enfriamiento -  
brusco, para eliminar el riesgo existente en el área o neu-  
tralizarlo, cuando sea posible. Esto se aplicará a las -  
reacciones fuera de control, los materiales que se acer -  
quen a temperaturas críticas, etc.

También puede emplearse para extraer del área los materiales inflamables. Aplicación más severa.

7.- Alarma por presencia de gases combustibles .

Grupo.- Todos.

- Índice de incendio y explosión 40-90 o mayor.

Instalar alarmas que indiquen la presencia de gases combustibles en las áreas críticas (es decir, en las áreas poco ventiladas o encajonadas, y donde existe posibilidad de que se desprendan gases inflamables. La alarma debe actuar antes de que la concentración de los gases llegue al límite de incendio y explosión,

La alarma también puede actuar en un sistema de inundación y/o poner fuera de operación al equipo, etc.

B.- Protección del sistema de agua contraincendio en casos de explosión.

Grupo.- 1

Los hidrantes y las válvulas de inundación deben protegerse alejándolos, enterrándolos con muros protectores. Dejando libre una franja de 50 pies de ancho al rededor del área para separarla.

Dar la máxima protección posible para casos de explosión y dejando una franja libre alrededor del área de 100 pies de ancho.

9.- Instrumentación remota.

Grupo.- 1

- Índice de incendio y explosión 40-90 o mayor

Utilizar medios para operación remota y/o vigilancia del equipo, cuando así convengan.

10.- Muros Protectores.

Grupo.- 1

- Índice de incendio y explosión 40-90 o mayor.

Instalar muros protectores y/o cubículos para ciertas piezas del equipo con el fin de aislar las operaciones más peligrosas.

11.- Separación física. Dividir el área de proceso en varias fracciones para evitar que la pérdida probable pueda exceder de un millón de dólares.

Grupo.- 1

- Índice de incendio y explosión 40-90 o mayor.

A.- Separación a 20 pies con un muro contra incendio.

B.- Separación a 150 pies de espacio libre.

C.- Equipo de proceso de poco valor que contenga materiales no inflamables y que constituya una barrera efectiva en casos de incendio. En algunos casos puede resultar aconsejable separar las áreas más riesgosas.

## T A B L A No. 3

## DISPOSITIVOS PREVENTIVOS ESPECIFICOS.

## A.- RIESGOS ESPECIALES DE LOS MATERIALES.

## 1.- Reacción con el agua que produce un gas combustible:

- a) Proteger de todo contacto con agua, incluso el agua contraincendio.
- b) Proteger parcialmente del contacto con agua.
- c) Dar salida adecuada al gas generado.
- d) Instalación eléctrica tipo División 1.
- e) Proteger de otras fuentes de ignición.

## 2.- Materiales oxidantes:

- a) Almacenar por separado los materiales combustibles.
- b) Almacenar en áreas a prueba de incendio.

## 3.- Posibilidad de sufrir descomposición explosiva:

- a) Diseñar el equipo para soportar la explosión.
- b) Diseñar el equipo con medios adecuados para dar alivio a la explosión.
- c) Instalar controles de temperatura y/o de presión, - si es conveniente.
- d) Consultar a personas expertas respecto al uso de - dispositivos especiales.

**4.- Posibilidad de sufrir detonación:**

- a) Instalar los dispositivos aplicables del párrafo 3 anterior.
- b) Consultar a personas expertas respecto al uso de dispositivos especiales.

**5.- Posibilidad de sufrir polimerización espontánea:**

- a) Agregar inhibidor contra la polimerización, con retroalimentación si la temperatura no causa polimerización estando presente el inhibidor.
- b) Enfriar lo suficiente para permanecer por debajo de la temperatura a la cual se inicia la polimerización.
- c) Enfriar lo suficiente para permanecer por debajo de la temperatura a la cual se inicia la polimerización, con retroalimentación si no se requiere inhibidor para una protección completa.
- d) Instalar un sistema de alivio que descargue la presión generada por la polimerización.

**6.- Posibilidad de sufrir calentamiento espontáneo:**

- a) Instalar enfriamiento adecuado.
- b) Instalar enfriamiento con retroalimentación.

**B.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO.****1.- Sólo cambios físicos y manejo de materiales:**

- a) Para operaciones de carga y descarga, instalar:
- 1.- Válvulas de exceso de flujo.
  - 2.- Válvulas de operación remota en la línea de carga o descarga.
  - 3.- Alarmas que indiquen contacto a tierra inadecuado.
  - 4.- Sistemas de purga para los recipientes y - las líneas de carga o descarga.
- b) Cuando existen sustancias inflamables en contacto con la atmósfera:
- 1.- Alarmas que indiquen la presencia de gas - combustible.
  - 2.- Dispositivos de protección actuados en caso de presencia de gas combustible.
  - 3.- Atmósferas inertes para cubrir los líquidos.
  - 4.- Sistemas de extinción especiales (bióxido - de carbono).
  - 5.- Altos coeficientes de ventilación.

**2.- Reacciones continuas:**

- a) Instalar instrumentos interrelacionados para evitar descontrol de la cantidad de reactante, u - otro sistema semejante (cuando sea necesario y - resulte efectivo).
- b) Descargar el exceso de presión y/o controlar la temperatura mediante una válvula de control que dé salida hacia un sitio adecuado, o instalar - otro sistema semejante (cuando sea necesario y - resulte efectivo).

- c) Instalar alarmas que indiquen temperatura demasiado alta y/o demasiado baja, y pongan fuera de operación el equipo en forma automática, o bien otro sistema semejante (cuando se requiera y resulte efectivo).
- d) Instalar instrumentación para conservar la zona de reacción libre de impurezas peligrosas (si es necesario y efectivo).

### 3.- Reacciones intermitentes:

- a) Las mismas recomendaciones a, b, c, d, del párrafo anterior.
- b) Emplear procedimientos y/o instrumentos que impidan la creación de condiciones peligrosas durante las reparaciones (cuando sean necesario y resulten efectivos).

### 4.- Reacciones sucesivas en el mismo equipo:

- a) Las mismas recomendaciones a, b, c, d, del párrafo 2.
- b) La misma recomendación b del párrafo 3.
- c) Mantener totalmente separados los reactantes mientras no es necesario ponerlos en contacto.

## C.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO.

### 1.- Procesos nuevos o reacciones difíciles de controlar:

- a) Diseñar el equipo de modo que soporte la situación

más peligrosa posible.

- b) Diseñar el equipo de modo que descargue con seguridad en la situación más peligrosa posible.
- c) Instalar sistemas de purga o de vaciado para remover los reactantes en forma segura y efectiva hacia fuera del área.
- d) Instalar sistemas de enfriamiento rápido o dilución para eliminar en forma segura y efectiva la situación más peligrosa.
- e) Cualquier otro sistema de seguridad que se haya probado con éxito.

2.- Alta presión (250 a 3000 lb/pulg<sup>2</sup>, o bien más de 3000):

- a) Instalar niveles reflex, o semejantes, con válvulas de exceso de flujo.
- b) Instalar niveles reflex o semejantes, con válvulas de bloqueo normalmente cerradas, niveles blindados, o eliminar los niveles.
- c) Instalar sistemas especiales de purgas y/o de vaciado para descargar rápida y seguramente el proceso.
- d) Instalar instrumentación o válvulas operadas a control remoto, para disminuir al mismo flujo de materiales peligrosos en caso de falla de las tuberías o equipos auxiliares.
- e) Instalar alarmas que indiquen la presencia de gases combustibles antes de llegar al límite inferior de explosividad.
- f) Instalar sistemas de inundación o que pongan fuera de operación el equipo cuando existan gases combus-

tibles en la atmósfera, antes de que se llegue al -  
límite inferior de explosividad.

### 3.- Baja presión:

- a) Instalar instrumentos interrelacionados con objeto de conservar el sistema fuera del rango peligroso - de presión.
- b) Instalar instrumentos interrelacionados con retroalimentación para mantener el sistema fuera del rango peligroso de presión.
- c) Instalar alarmas que indiquen aproximación a condiciones peligrosas.

Por ejemplo: Presión, contaminación con oxígeno, -  
etc.

### 4.- Alta temperatura:

- a) Instalar instrumentos y/o dispositivos especiales - para disminuir al mínimo el flujo de materiales inflamables.
- b) Instalar alarmas que indiquen la presencia de gases combustibles en la atmósfera antes de que se llegue al límite inferior de explosividad.
- c) Instalar sistemas de inundación, que pongan fuera - de operación al equipo cuando existan gases combustibles en la atmósfera, antes de alcanzar el límite de explosividad.
- d) Instalar sistemas especiales de purga o vaciado.
- e) Instalar niveles reflex o semejantes, con válvulas de exceso de flujo, en los recipientes con presión.

- f) Instalar niveles reflex o semejantes, con válvulas de bloqueo normalmente cerradas, niveles blindados, o bien eliminar los niveles.

5.- Baja temperatura:

- a) Instalar sistemas especiales de purga y/o vaciado.
- b) Instalar niveles reflex o semejantes, válvulas de bloqueo normalmente cerradas, niveles blindados, o bien eliminar los niveles.

6.- Condiciones de operación cercanas al rango explosivo:

- a) Diseñar el equipo para soportar la explosión.
- b) Diseñar el equipo para aliviar la explosión en forma segura.
- c) Suprimir la condición explosiva, si ello es posible.
- d) Instalar sistemas de dilución o de inyección de materiales inertes para mantener el equipo fuera del rango explosivo.
- e) Instalar sistemas de dilución o de inyección de materiales inertes con retroalimentación, para conservar el equipo fuera del rango explosivo.
- f) Instalar instrumentos con retroalimentación para control del proceso.

7.- Polvos peligrosos:

Las mismas recomendaciones que en el párrafo anterior.

**8.- Riesgo de explosión superior al normal:**

Cuando el riesgo no es causado por impurezas, las mismas recomendaciones del párrafo 6.

Si la explosión es causada por impurezas.

Las recomendaciones a, b, c, f, del párrafo 6.

Instalar instrumentación que evite la entrada de impurezas al sistema.

Para casos de explosión en el exterior del equipo.

Instalar ventilación con 15 a 20 cambios por hora.

Instalar alarmas que indiquen cuando existe gas combustible antes de llegar al límite inferior de explosividad.

Instalar sistema de inundación o que ponga fuera de servicio el equipo en forma automática, cuando exista gas combustible en la atmósfera antes de alcanzar el límite inferior de explosividad.

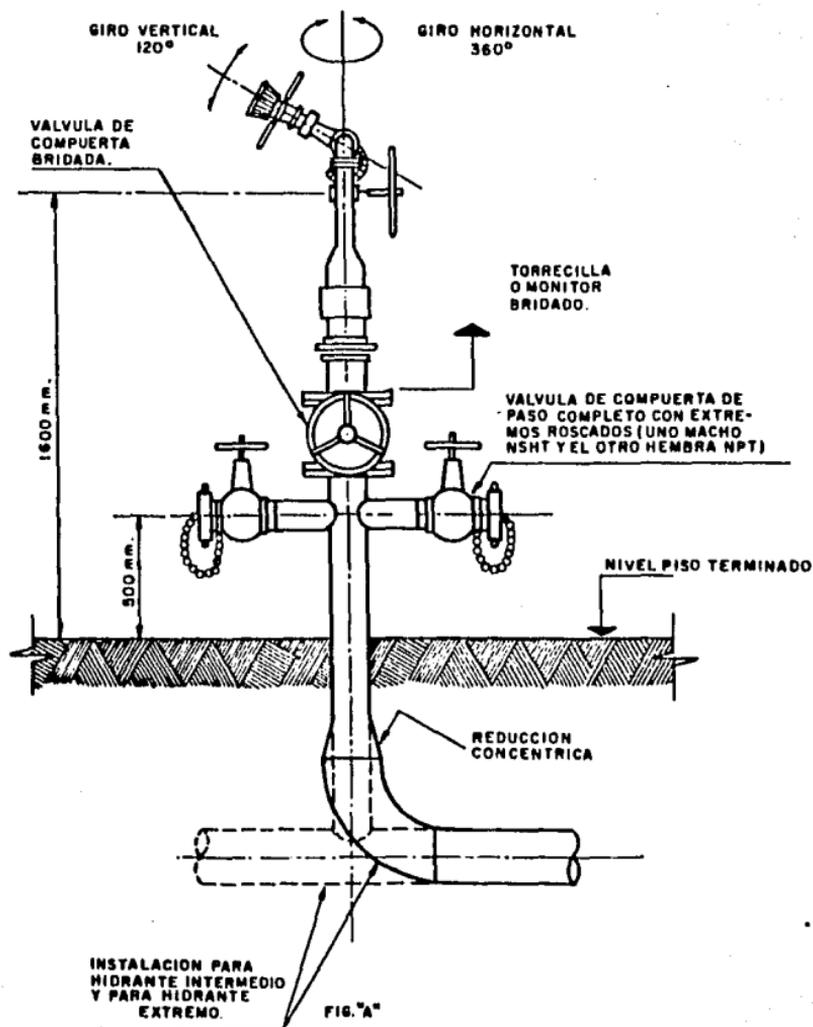
## TABLA No. 4

## RANGOS DE LOS INDICES DE INCENDIO Y EXPLOSION (I.I.E.)

- A. I.I.E. Menor de 20. Este rango se menciona como el rango de bajos índices de incendio y explosión.
- B. I.I.E. Mayor de 20, pero menor de 40. Este rango puede llamarse el rango de índices medios de incendio y explosión.
- C. I.I.E. Mayor de 40, pero menor de 90. Este rango puede denominarse el rango de altos índices de incendio y explosión.
- D. I.I.E. Mayor de 90. Este rango puede ser denominado como rango de índices de incendio y explosión muy altos.

# DETALLE DE HIDRANTE

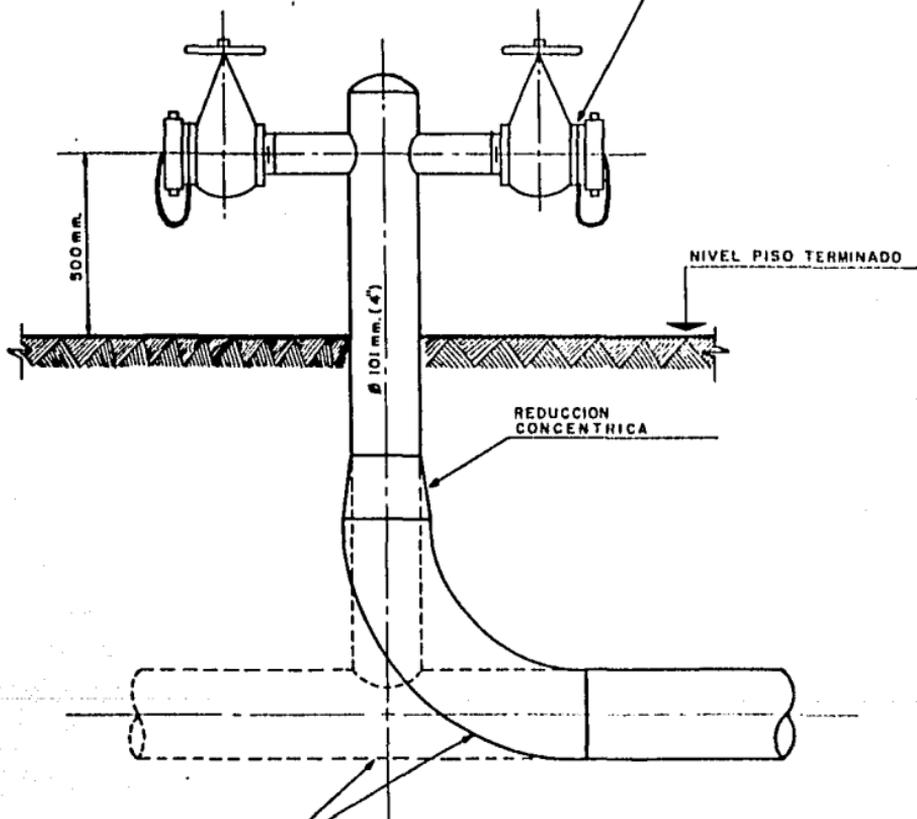
DE DOS TOMAS CON MONITOR



# DETALLE DE HIDRANTE

CON DOS TOMAS

VALVULA DE COMPUERTA DE PASO  
COMPLETO CON EXTREMOS ROS-  
CADOS (UNO MACHO NSHT, Y EL  
OTRO HEMBRA NPT. O AMBOS  
HEMBRA NPT. CON ADAPTADOR  
MACHO DE NPT. A NSHT.)



INSTALACION PARA HIDRANTE INTERMEDIO  
Y PARA HIDRANTE EXTREMO.

### VALOR DEL COEFICIENTE DE HAZEN Y WILLIAMS

Material del Tubo	Coefficiente	Factor
Tubo de acero (nuevo)	120	0.7
10 años de uso <sup>O</sup>	110	0.8
15 años de uso <sup>O</sup>	100	1.0
20 años de uso <sup>O</sup>	90	1.2
30 años de uso <sup>O</sup>	80	1.5
50 años de uso <sup>O</sup>	70	1.9
75 años de uso <sup>O</sup>	60	2.6
Tubo de acero recubierto de cemento	130	0.6
Tubo recubierto de pintura asfáltica.	140	0.5
Tubo de asbesto cemento	140	0.5
Tubo de bronce, cobre o plomo	140	0.5
Sistemas para espuma mecánica	120	0.7

O Varía de acuerdo con la corrosividad del agua.

El factor de la tabla anterior sirve para que multiplicando por la caída de presión de la tabla siguiente proporcione la caída de presión real.

Hay que tener presente que la ecuación de Hazen y Williams para caída de presión está desarrollada para tubos rectos y en posición horizontal. así que en todo problema que se desea resolver con esta ecuación es necesario agregar la carga por diferencia de nivel y la carga por accesorios; esto último se realiza por medio de nomogramas, convirtiendo el accesorio en una longitud equivalente de tubo recto. A continuación se muestra el nomograma más conocido para ello.

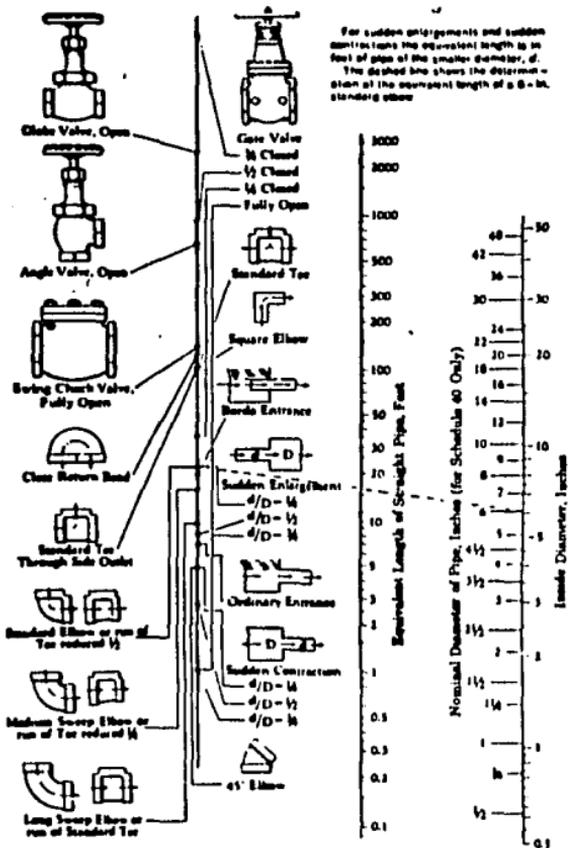


FIG. 127. Equivalent lengths of valves and various fittings (Crawf Co.)

FRICITION LOSSES

TESTING WATER SUPPLIES

Table 21-9. Friction Loss in Pipe ( $f_i$ ) in Pounds per Square Inch per 1,000 ft of Pipe When Hazen-Williams  $C = 100$

For other  $C$  values, the losses given in this table should be multiplied by the applicable factor in Table 21-10.

Gpm	Diameter of pipe, in.										Gpm	
	3	3 1/4	4	5	5 1/2	6	6 1/2	7	8	9		
5					45.5							5
10	0.103				180			0.60				10
15	0.230				107			15.3			0.201	15
20	0.400				101			28.0			1.06	20
30	0.93				101			58.0			1.94	30
40	1.65				101			102			3.54	40
50	2.50				101			150			5.50	50
60	3.45				101			200			8.00	60
70	4.50				101			250			11.00	70
80	5.65				101			300			14.50	80
90	6.90				101			350			18.50	90
100	8.25				101			400			23.00	100
120	12.00				101			500			29.00	120
140	16.50				101			600			36.00	140
160	21.75				101			700			43.50	160
180	27.75				101			800			51.50	180
200	34.50				101			900			60.00	200
250	54.00				101			1100			77.00	250
300	76.50				101			1300			95.00	300
350	102.00				101			1500			114.00	350
400	130.00				101			1700			134.00	400
450	160.00				101			1900			155.00	450
500	192.00				101			2100			177.00	500
550	226.00				101			2300			200.00	550
600	262.00				101			2500			224.00	600
650	300.00				101			2700			249.00	650
700	340.00				101			2900			275.00	700
750	382.00				101			3100			302.00	750
800	426.00				101			3300			330.00	800
850	472.00				101			3500			359.00	850
900	520.00				101			3700			389.00	900
950	570.00				101			3900			420.00	950
1000	622.00				101			4100			452.00	1000
1100	728.00				101			4500			516.00	1100
1200	838.00				101			4900			583.00	1200
1300	952.00				101			5300			653.00	1300
1400	1070.00				101			5700			726.00	1400
1500	1192.00				101			6100			802.00	1500
1600	1318.00				101			6500			881.00	1600
1700	1448.00				101			6900			963.00	1700
1800	1582.00				101			7300			1048.00	1800
1900	1720.00				101			7700			1136.00	1900
2000	1862.00				101			8100			1227.00	2000
2500	2430.00				101			9700			1500.00	2500
3000	3030.00				101			11300			1800.00	3000
3500	3660.00				101			12900			2130.00	3500
4000	4320.00				101			14500			2490.00	4000
4500	5000.00				101			16100			2880.00	4500
5000	5700.00				101			17700			3290.00	5000

Table 21-10.  $C$  Factors for Use with Table 21-9

$C$	Factor	$C$	Factor	$C$	Factor
150	0.422	101	0.914	61	2.12
165	0.303	100	1.00	60	2.17
180	0.217	95	1.10	55	2.62
195	0.174	90	1.21	50	3.01
210	0.141	85	1.35	45	3.46
225	0.116	80	1.51	40	3.95
240	0.104	75	1.70	35	4.47
255	0.092	70	1.91	30	5.05
270	0.081	65	2.16	25	5.70
285	0.071	60	2.44	20	6.43

where  $G$  = rate of flow, gpm  
 $C$  = Hazen-Williams pipe coefficient  
 $d$  = internal diameter of pipe, in.  
 $f_i$  = loss, psi/1,000 ft

Table 21-9 gives values of  $f_i$  when  $C = 100$  for different pipe sizes at various rates of flow. For values of  $C$  other than 100, multiply the tabular losses by the corresponding factor from Table 21-10. Conversely, the value of  $C$  for any rate of loss in psi/1,000 ft may be calculated by dividing the given loss per 1,000 ft by the loss from Table 21-9 and finding the corresponding  $C$  in Table 21-10.

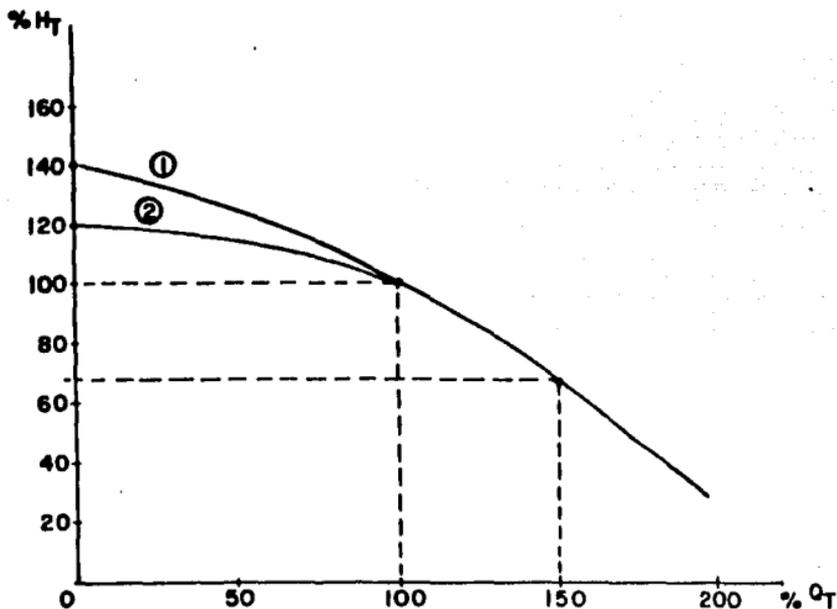
The above procedure can be expressed by a simple formulation:

$$F_i = f_i \frac{L}{1,000} \quad \text{or} \quad f_i = F_i \frac{1,000}{L} \quad (13)$$

where  $F_i$  = friction loss in given length of pipe, psi  
 $f_i$  = conversion factor for  $C$  values other than 100 (Table 21-10)  
 $L$  = length of pipe, including actual length of fitting, ft  
 $f_i$  = friction loss per 1,000 ft (from Table 21-9) for given rate of flow and pipe size  
 In practice, the loss in fittings (Fig. 21-2) would be subtracted from an observed pressure drop before calculating the value of  $C$  or added to the pipe friction to obtain the total pressure loss.

By solving for  $L$ , Eq. (13) may be used to find the length of pipe of any desired kind or diameter required to produce a given value of  $F_i$ . This method is particularly applicable to problems involving looped or gridded pipe systems.

**CURVA CARACTERISTICA DEL IMPULSOR**  
(INDICANDO LOS PUNTOS MAS IMPORTANTES QUE DEBEN CUMPLIR LAS BOMBAS EN CUANTO A CARGA Y GASTO)



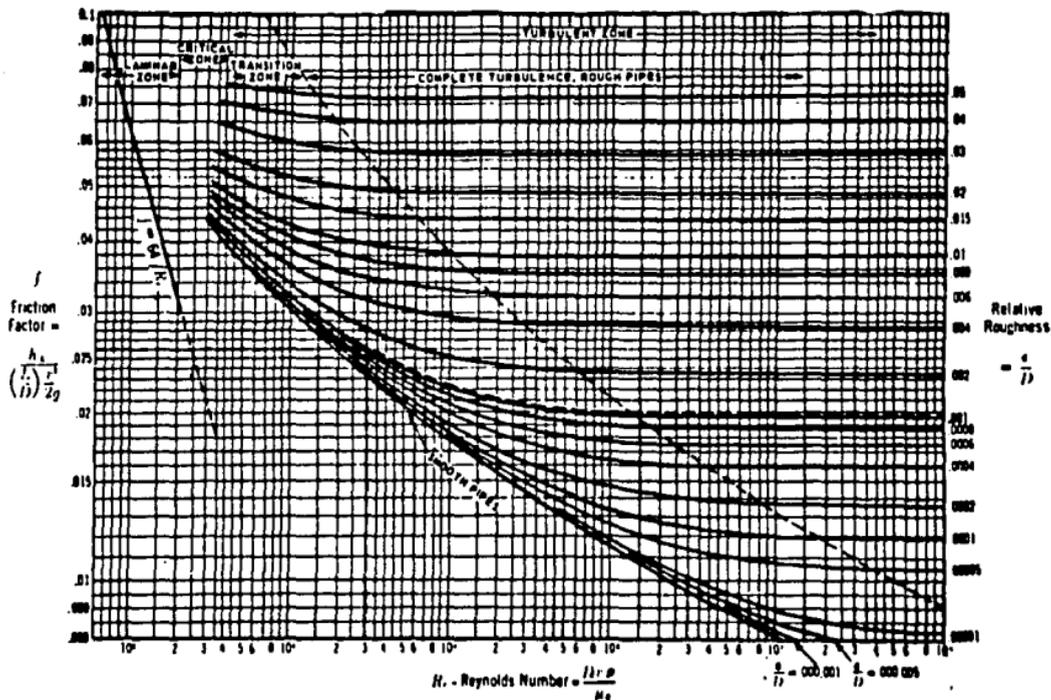
$H_T$  = CARGA TOTAL

$Q_T$  = GASTO TOTAL

① = BOMBA TURBINA VERTICAL

② = BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL

FIG. "F"



Friction factors for Any Type of Commercial Pipes

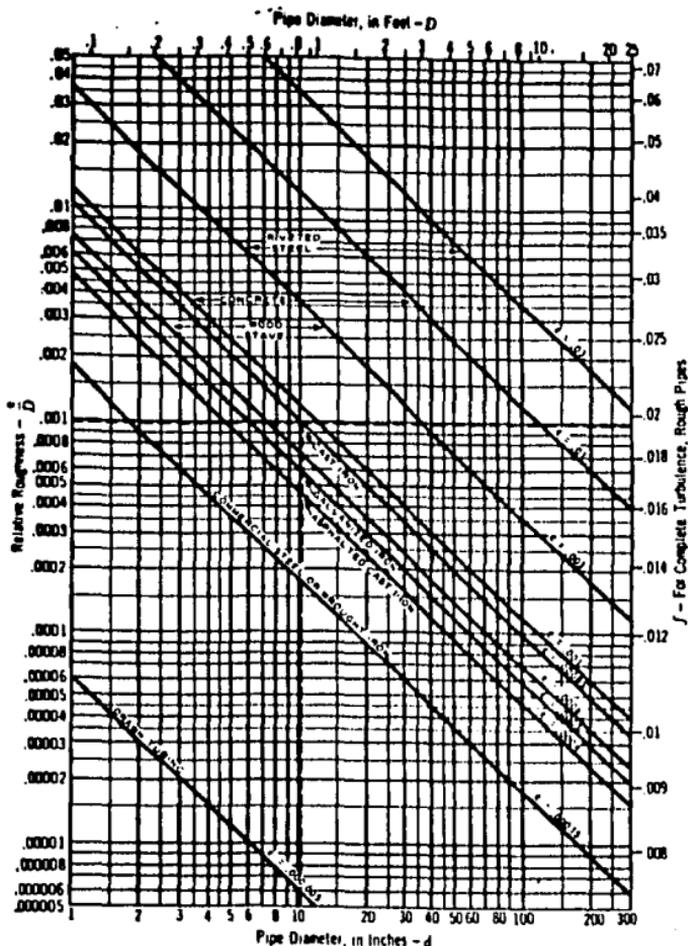
**Problem:**  
Determine the friction factor for 10-inch cast iron pipe (10 in I.D.) at a Reynolds number flow of 30,000.

**Solution:** The relative roughness (see page A-13) is 0.001. Then, the friction factor ( $f$ ) equals 0.018

For other forms of the  $R_s$  equation, see page 3-3

Data extracted from Friction Factors for Pipe Flow by L. F. Moody, with permission of the publisher, The American Society of Mechanical Engineers, 19 West 19th Street, New York 18, N. Y.

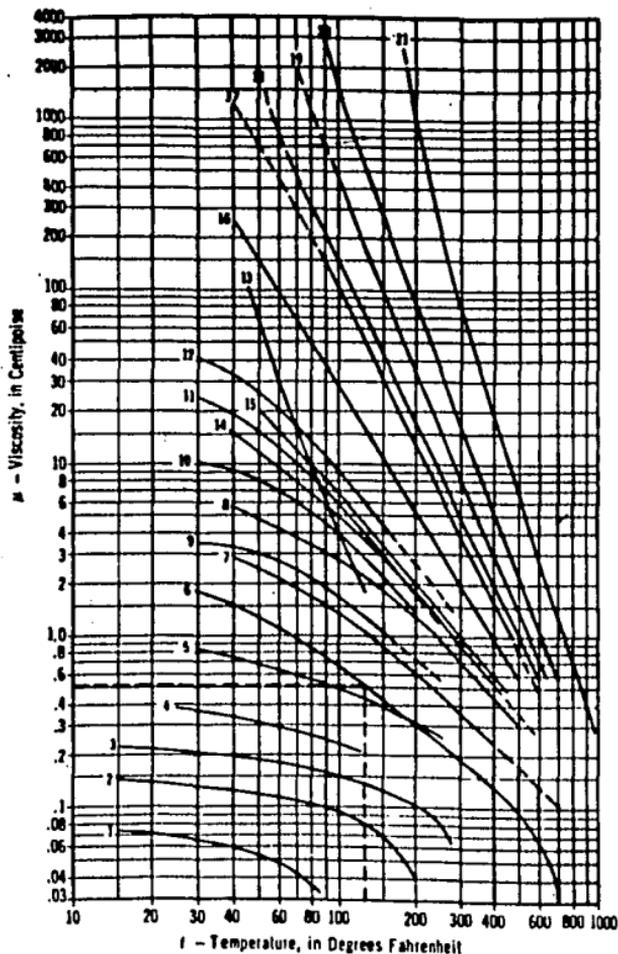
## Relative Roughness of Pipe Materials and Friction Factors For Complete Turbulence<sup>1)</sup>



<sup>1)</sup> Data extracted from *Friction Factors for Pipe Flow* by I. F. Akhavan, with permission of the publisher, The American Society of Mechanical Engineers, 19 West 19th Street, New York.

**Problem:** Determine absolute and relative roughness, and friction factor, for fully turbulent flow in 10 inch cast iron pipe ( $D = 10 \text{ ft}^2$ )  
**Solution:** Absolute roughness ( $\epsilon$ ) = 0.00085    Relative roughness ( $\epsilon/D$ ) = 0.001    Friction factor at fully turbulent flow ( $f$ ) = 0.0100

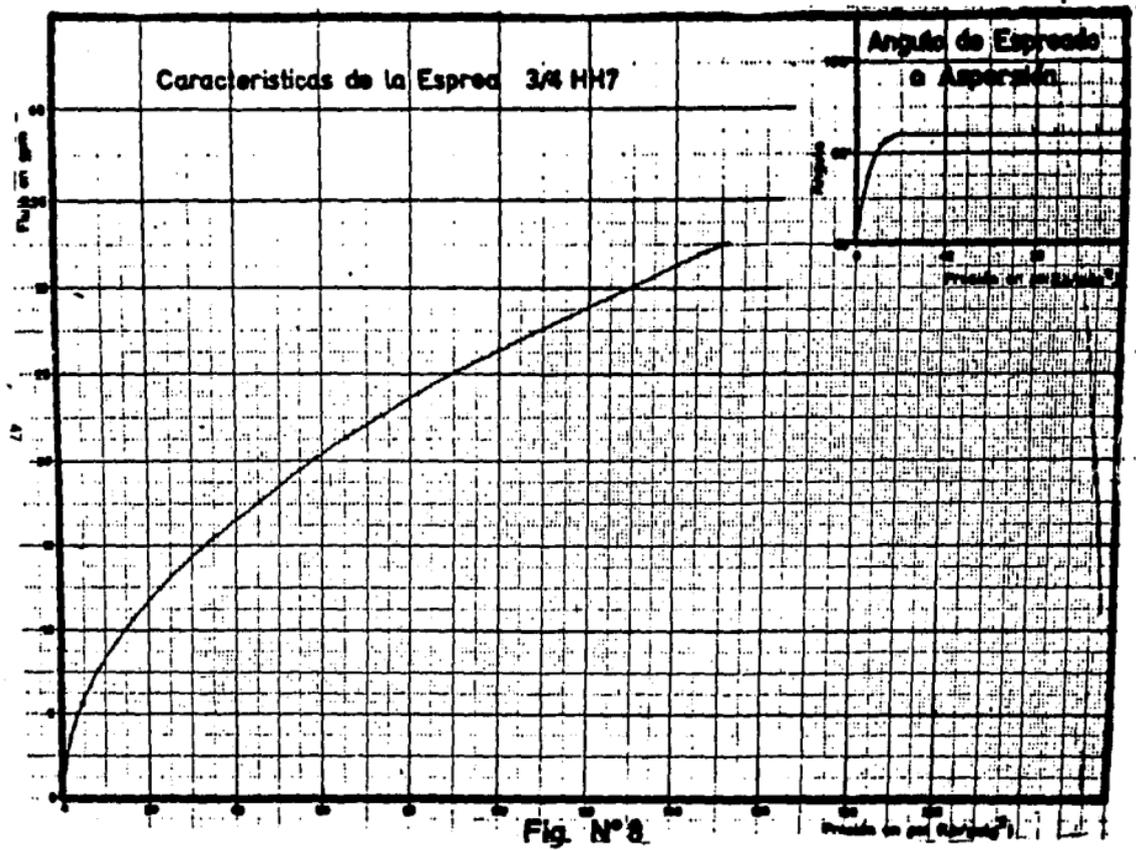
## Viscosity of Water and Liquid Petroleum Products<sup>A, 12, 22</sup>



1. Ethene (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)
2. Propane (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)
3. Butane (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)
4. Natural Gasoline
5. Gasoline
6. Water
7. Kerosene
8. Shellolene
9. 48 Deg. API Crude
10. 60 Deg. API Crude
11. 55.6 Deg. API Crude
12. 32.6 Deg. API Crude
13. Salt Creek Crude
14. Fuel 5 (Max.)
15. Fuel 5 (Min.)
16. SAE 10 Lube (100 V.I.)
17. SAE 30 Lube (100 V.I.)
18. Fuel 5 (Max.) or Fuel 6 (Min.)
19. SAE 70 Lube (100 V.I.)
20. Babcock Fuel (Max.) and M.C. Residuum
21. Asphalt

Data extracted in part  
by permission from the  
Oil and Gas Journal

Example: The viscosity of water at  
115 F is 0.51 centipoise (Curve No. 6)



## Physical Properties of Water

Temperature of Water	Saturation Pressure	Specific Volume	Weight Density	Weight
t	P	v	ρ	
Degrees Fahrenheit	Pounds per Square Inch Absolute	Cubic Feet Per Pound	Pounds per Cubic Foot	Pounds Per Gallon
31	.00254	.01601	62.42	8.345
40	.12170	.01601	61.41	8.345
50	.17811	.01603	61.30	8.340
60	.2463	.01604	61.34	8.334
70	.3631	.01606	61.37	8.325
80	.5069	.01608	61.19	8.314
90	.6882	.01610	61.11	8.303
100	.9497	.01613	61.00	8.289
110	1.2748	.01617	61.04	8.267
120	1.6914	.01610	61.73	8.283
130	2.2225	.01615	61.54	8.227
140	2.886	.01619	61.39	8.207
150	3.710	.01634	61.20	8.181
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	14.113	.01670	59.90	8.005
217	16.696	.01672	59.81	7.996
220	17.186	.01677	59.63	7.972
240	24.969	.01692	59.10	7.901
260	35.419	.01709	58.51	7.822
280	49.283	.01726	57.94	7.746
300	67.013	.01748	57.31	7.662
350	134.63	.01799	55.39	7.432
400	247.31	.01864	53.65	7.172
450	421.6	.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	41.37	5.644
700	3093.7	.0369	27.10	3.623

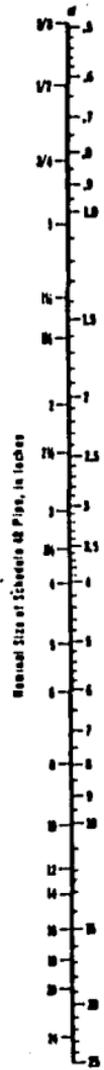
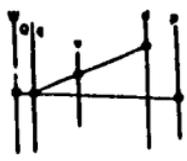
Specific gravity of water at to F= 100

Weight per gallon is based on 7.48 gallons per cubic foot.

All data on volume and pressure abstracted from Keenan and  
Keyes' Steam Tables (1936).

# Velocity of Liquids in Pipe

(continued)

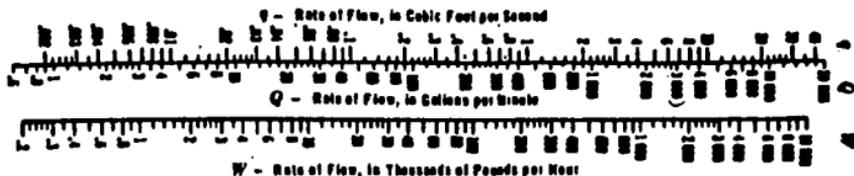


$d$  - Internal Diameter of Pipe, in Inches

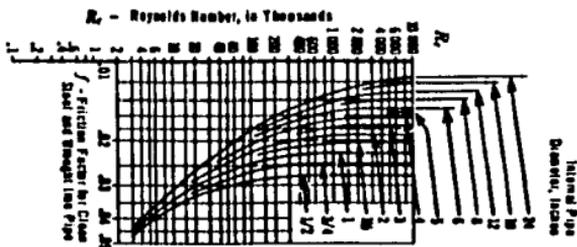
$v$  - Velocity, in Feet per Second

# Reynolds Number for Liquid Flow Friction Factor for Clean Steel and Wrought Iron Pipe

(continued)



Inches

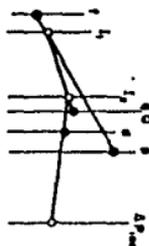


# Pressure Drop in Liquid Lines for Turbulent Flow

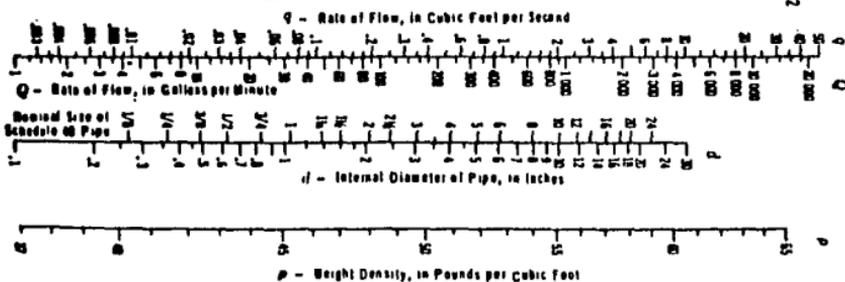
(continued)



Index 1



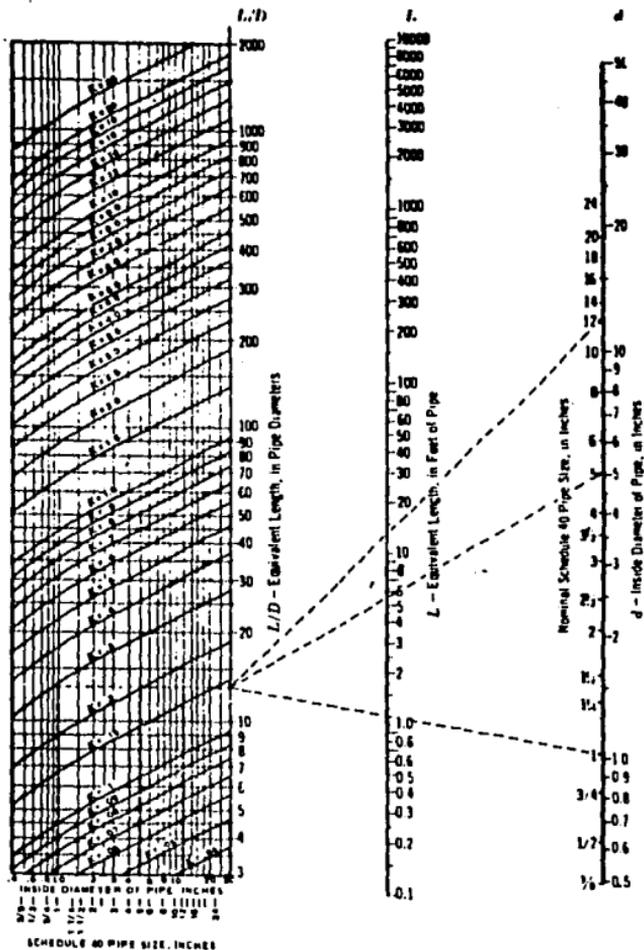
Index 2



$\Delta P_{100}$  - Pressure Drop per 100 Feet, in Pounds per Square Inch



### \*Equivalent Lengths $L$ and $L/D$ and Resistance Coefficient $K$



Problem: Find the equivalent length in pipe diameters and feet of Schedule 40 pipe and the resistance factor  $K$  for 1- and 12-inch fully-opened gate valves.

\*For limitations, see page 3-11

Valve Size	Solution			Reference
	1"	8"	12"	
Equivalent length, pipe diameters	11	11	11	Page A-10 Dashed lines on chart
Equivalent length, feet of Sched. 40 pipe	11	15	11	
Resistance factor $K$ , based on Sched. 40 pipe	0.10	0.20	0.17	

## 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)
150-Pound and Lower		Schedule 40
200-Pound to 600-Pound		Schedule 80
900-Pound		Schedule 120
1500-Pound		Schedule 160
1500-Pound	Size 1/2 to 6-inch Size 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			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 480
	Y-Pattern	(No obstruction in flat, bevel, or plug type seat)	Fully open 175
		- With stem 60 degrees from run of pipe line - With stem 45 degrees from run of pipe line	Fully open 145
Angle Valves	With no obstruction in flat bevel or plug type seat	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	36
		One-half open	160
		One-quarter open	900
	Pulp Stock	Fully open	17
		Three-quarters open	80
		One-half open	360
		One-quarter open	1200
Conduit Pipe Line		Fully open	3**
Check Valves	Conventional Swing	0.11 Fully open	135
	Clearway Swing	0.11 Fully open	80
	Globe Lift or Stop; Stem Perpendicular to Run or Y-Pattern	2.01 Fully open	Same as Globe
	Angle Lift or Stop	2.01 Fully open	Same as Angle
	In-Line Ball	2.5 vertical and 0.25 horizontal	Fully open 150
Foot Valves with Strainer	With proper lift-type disc	0.11 Fully open	410
	With other hand disc	0.44 Fully open	75
Butterfly Valves 8-inch and larger		Fully open	40
Cocks	Straight-Through	Rectangular plug seat equal to 100% of pipe area	Fully open 18
	Three-Way	Rectangular plug seat equal to 80% of pipe area	1 line straight through 44
		Plug through branch	Flow through branch 160
Fittings	90 Degree Standard Elbow		30
	45 Degree Standard Elbow		16
	90 Degree Long Radius Elbow		20
	90 Degree Street Elbow		80
	45 Degree Street Elbow		26
	Square Corner Elbow		87
	Standard Tee	With flow through run	10
	With flow through branch	60	
Pipe	Clear Pattern Return Bend		80
	90 Degree Pipe Bends		See Page A-17
	Miter Bends		See Page A-17
	Sudden Enlargements and Contractions		See Page A-16
	Entrance and Exit Losses		See Page A-16

\*\*Exact equivalent length is equal to the length between flange faces of sliding end.

Minimum calculated pressure drop (psd) across valve to provide sufficient flow to lift disc fully.

If flow limitations, see page 2-11. For effect of end connections, see page 2-10.

**Commercial Wrought Steel Pipe Data**  
**Schedule Wall Thickness—Per ASA B36.10-1950**

Nominal Pipe Size Inches	Outside Diameter Inches	Thickness Inches	Inside Diameter		Inside Diameter Functions (In Inches)						Transverse Internal Area	
			D	D	(In Inches)						Sq In.	Sq Ft.
			inches	Feet	$\frac{D^2}{4}$	$\frac{D^2}{16}$	$\frac{D^2}{64}$	$\frac{D^2}{256}$	$\frac{D^2}{1024}$	$\frac{D^2}{4096}$	$\frac{D^2}{16384}$	$\frac{D^2}{65536}$
Schedule 40	10	0.300	13.0	1.130	103.32	5066.0	3311.0	649.000	143.14	0.954		
	10	0.280	12.8	1.291	100.32	3723.0	8773.0	894.000	100.00	1.210		
	10	0.260	12.6	1.453	98.32	4330.0	9379.0	1041.000	100.00	1.470		
	10	0.240	12.4	1.615	96.32	7414.0	10459.0	1010.000	700.00	2.074		
Schedule 80	10	0.300	12.8	1.291	100.00	1030.2	3049.0	7167.0	633.74	3.912		
	10	0.280	12.6	1.453	98.00	861.90	2638.2	6599.0	61.00	3.261		
	10	0.260	12.4	1.615	96.00	707.90	2211.0	5141.0	81.87	2.721		
	10	0.240	12.2	1.777	94.00	564.2	1784.0	3755.0	117.00	2.306		
Schedule 160	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		
Schedule 20	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		
Schedule 30	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		
Schedule 40	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		
Schedule 60	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		
Schedule 80	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		
Schedule 100	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		
Schedule 120	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		
Schedule 140	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		
Schedule 160	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		
Schedule 180	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		
Schedule 200	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		
Schedule 240	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		
Schedule 280	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		
Schedule 320	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		
Schedule 360	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		
Schedule 400	10	0.311	12.376	1.201	120.43	2623.2	8599.0	8594.0	165.00	1.700		
	10	0.281	12.176	1.460	117.91	2126.3	9110.0	10039.0	237.13	1.607		
	10	0.251	11.976	1.719	115.39	1629.4	9621.0	10550.0	371.00	2.021		
	10	0.221	11.776	1.978	112.87	1132.5	10132.0	11061.0	474.00	2.360		

(continued on the next page)

# Commercial Wrought Steel Pipe Data

Schedule Wall Thickness—Per AIA 536.10-1950

Nominal Pipe Size	Outside Diameter	Thickness	Inside Diameter		Inside Diameter Functions (In Inches)					Transverse Internal Area	
			D	Part	D'	D''	D'''	D''''	Sq. In.	Sq. Ft.	
Schedule 10S	1 1/2	1.900	0.300	1.600	0.1350	3.130	3.378	8.061	7.894	1.787	0.01215
	2	2.375	0.318	2.057	0.1616	3.790	4.136	17.41	2.963	0.02050	
	3	2.875	0.376	2.500	0.1836	6.296	13.636	39.117	67.64	4.238	0.03041
	4	3.5	0.390	3.110	0.2417	8.610	14.389	79.728	285.1	6.405	0.04587
	5	4.0	0.418	3.582	0.2863	11.32	20.809	138.14	430.0	9.688	0.06170
	6	4.5	0.437	4.063	0.3188	14.64	26.006	214.33	619.0	11.497	0.07986
	8	5.375	0.478	4.897	0.4011	23.16	41.09	436.38	1263.	18.194	0.1363
	10	6.625	0.527	6.098	0.4891	33.19	59.28	1101.6	2346.	26.967	0.1916
	12	7.375	0.560	6.815	0.5364	40.14	64.32	1380.3	2575.	30.663	0.2171
	14	8.125	0.593	7.532	0.5837	47.09	70.81	1666.8	3010.	34.36	0.2426
Schedule 10	1 1/2	1.900	0.300	1.600	0.1350	3.130	3.378	8.061	7.894	1.787	0.01215
	2	2.375	0.318	2.057	0.1616	3.790	4.136	17.41	2.963	0.02050	
	3	2.875	0.376	2.500	0.1836	6.296	13.636	39.117	67.64	4.238	0.03041
	4	3.5	0.390	3.110	0.2417	8.610	14.389	79.728	285.1	6.405	0.04587
	5	4.0	0.418	3.582	0.2863	11.32	20.809	138.14	430.0	9.688	0.06170
	6	4.5	0.437	4.063	0.3188	14.64	26.006	214.33	619.0	11.497	0.07986
	8	5.375	0.478	4.897	0.4011	23.16	41.09	436.38	1263.	18.194	0.1363
	10	6.625	0.527	6.098	0.4891	33.19	59.28	1101.6	2346.	26.967	0.1916
	12	7.375	0.560	6.815	0.5364	40.14	64.32	1380.3	2575.	30.663	0.2171
	14	8.125	0.593	7.532	0.5837	47.09	70.81	1666.8	3010.	34.36	0.2426
Schedule 20S	1 1/2	1.900	0.300	1.600	0.1350	3.130	3.378	8.061	7.894	1.787	0.01215
	2	2.375	0.318	2.057	0.1616	3.790	4.136	17.41	2.963	0.02050	
	3	2.875	0.376	2.500	0.1836	6.296	13.636	39.117	67.64	4.238	0.03041
	4	3.5	0.390	3.110	0.2417	8.610	14.389	79.728	285.1	6.405	0.04587
	5	4.0	0.418	3.582	0.2863	11.32	20.809	138.14	430.0	9.688	0.06170
	6	4.5	0.437	4.063	0.3188	14.64	26.006	214.33	619.0	11.497	0.07986
	8	5.375	0.478	4.897	0.4011	23.16	41.09	436.38	1263.	18.194	0.1363
	10	6.625	0.527	6.098	0.4891	33.19	59.28	1101.6	2346.	26.967	0.1916
	12	7.375	0.560	6.815	0.5364	40.14	64.32	1380.3	2575.	30.663	0.2171
	14	8.125	0.593	7.532	0.5837	47.09	70.81	1666.8	3010.	34.36	0.2426
Schedule 20	1 1/2	1.900	0.300	1.600	0.1350	3.130	3.378	8.061	7.894	1.787	0.01215
	2	2.375	0.318	2.057	0.1616	3.790	4.136	17.41	2.963	0.02050	
	3	2.875	0.376	2.500	0.1836	6.296	13.636	39.117	67.64	4.238	0.03041
	4	3.5	0.390	3.110	0.2417	8.610	14.389	79.728	285.1	6.405	0.04587
	5	4.0	0.418	3.582	0.2863	11.32	20.809	138.14	430.0	9.688	0.06170
	6	4.5	0.437	4.063	0.3188	14.64	26.006	214.33	619.0	11.497	0.07986
	8	5.375	0.478	4.897	0.4011	23.16	41.09	436.38	1263.	18.194	0.1363
	10	6.625	0.527	6.098	0.4891	33.19	59.28	1101.6	2346.	26.967	0.1916
	12	7.375	0.560	6.815	0.5364	40.14	64.32	1380.3	2575.	30.663	0.2171
	14	8.125	0.593	7.532	0.5837	47.09	70.81	1666.8	3010.	34.36	0.2426
Schedule 30S	1 1/2	1.900	0.300	1.600	0.1350	3.130	3.378	8.061	7.894	1.787	0.01215
	2	2.375	0.318	2.057	0.1616	3.790	4.136	17.41	2.963	0.02050	
	3	2.875	0.376	2.500	0.1836	6.296	13.636	39.117	67.64	4.238	0.03041
	4	3.5	0.390	3.110	0.2417	8.610	14.389	79.728	285.1	6.405	0.04587
	5	4.0	0.418	3.582	0.2863	11.32	20.809	138.14	430.0	9.688	0.06170
	6	4.5	0.437	4.063	0.3188	14.64	26.006	214.33	619.0	11.497	0.07986
	8	5.375	0.478	4.897	0.4011	23.16	41.09	436.38	1263.	18.194	0.1363
	10	6.625	0.527	6.098	0.4891	33.19	59.28	1101.6	2346.	26.967	0.1916
	12	7.375	0.560	6.815	0.5364	40.14	64.32	1380.3	2575.	30.663	0.2171
	14	8.125	0.593	7.532	0.5837	47.09	70.81	1666.8	3010.	34.36	0.2426
Schedule 30	1 1/2	1.900	0.300	1.600	0.1350	3.130	3.378	8.061	7.894	1.787	0.01215
	2	2.375	0.318	2.057	0.1616	3.790	4.136	17.41	2.963	0.02050	
	3	2.875	0.376	2.500	0.1836	6.296	13.636	39.117	67.64	4.238	0.03041
	4	3.5	0.390	3.110	0.2417	8.610	14.389	79.728	285.1	6.405	0.04587
	5	4.0	0.418	3.582	0.2863	11.32	20.809	138.14	430.0	9.688	0.06170
	6	4.5	0.437	4.063	0.3188	14.64	26.006	214.33	619.0	11.497	0.07986
	8	5.375	0.478	4.897	0.4011	23.16	41.09	436.38	1263.	18.194	0.1363
	10	6.625	0.527	6.098	0.4891	33.19	59.28	1101.6	2346.	26.967	0.1916
	12	7.375	0.560	6.815	0.5364	40.14	64.32	1380.3	2575.	30.663	0.2171
	14	8.125	0.593	7.532	0.5837	47.09	70.81	1666.8	3010.	34.36	0.2426
Schedule 40S	1 1/2	1.900	0.300	1.600	0.1350	3.130	3.378	8.061	7.894	1.787	0.01215
	2	2.375	0.318	2.057	0.1616	3.790	4.136	17.41	2.963	0.02050	
	3	2.875	0.376	2.500	0.1836	6.296	13.636	39.117	67.64	4.238	0.03041
	4	3.5	0.390	3.110	0.2417	8.610	14.389	79.728	285.1	6.405	0.04587
	5	4.0	0.418	3.582	0.2863	11.32	20.809	138.14	430.0	9.688	0.06170
	6	4.5	0.437	4.063	0.3188	14.64	26.006	214.33	619.0	11.497	0.07986
	8	5.375	0.478	4.897	0.4011	23.16	41.09	436.38	1263.	18.194	0.1363
	10	6.625	0.527	6.098	0.4891	33.19	59.28	1101.6	2346.	26.967	0.1916
	12	7.375	0.560	6.815	0.5364	40.14	64.32	1380.3	2575.	30.663	0.2171
	14	8.125	0.593	7.532	0.5837	47.09	70.81	1666.8	3010.	34.36	0.2426
Schedule 40	1 1/2	1.900	0.300	1.600	0.1350	3.130	3.378	8.061	7.894	1.787	0.01215
	2	2.375	0.318	2.057	0.1616	3.790	4.136	17.41	2.963	0.02050	
	3	2.875	0.376	2.500	0.1836	6.296	13.636	39.117	67.64	4.238	0.03041
	4	3.5	0.390	3.110	0.2417	8.610	14.389	79.728	285.1	6.405	0.04587
	5	4.0	0.418	3.582	0.2863	11.32	20.809	138.14	430.0	9.688	0.06170
	6	4.5	0.437	4.063	0.3188	14.64	26.006	214.33	619.0	11.497	0.07986
	8	5.375	0.478	4.897	0.4011	23.16	41.09	436.38	1263.	18.194	0.1363
	10	6.625	0.527	6.098	0.4891	33.19	59.28	1101.6	2346.	26.967	0.1916
	12	7.375	0.560	6.815	0.5364	40.14	64.32	1380.3	2575.	30.663	0.2171
	14	8.125	0.593	7.532	0.5837	47.09	70.81	1666.8	3010.	34.36	0.2426

## Commercial Wrought Steel Pipe Data

(Per ASA B36.10-1959)

Nominal Pipe Size (Inches)	Outside Diameter (Inches)	Thickness (Inches)	Inside Diameter		Inside Diameter Functions (In Inches)				Transverse Internal Area	
			d	D	A	B	C	D	I <sub>xx</sub>	I <sub>yy</sub>
<b>Standard Wall Pipe</b>										
1/2	0.625	0.068	0.560	0.0734	0.0734	0.0108	0.00514	0.00141	0.007	0.00060
3/4	0.875	0.080	0.764	0.0383	0.1335	0.0481	0.01756	0.00630	0.104	0.00071
1	1.060	0.091	0.963	0.0411	0.2420	0.1100	0.06900	0.02912	0.191	0.00123
1 1/4	1.315	0.109	0.613	0.0513	0.2069	0.2400	0.1407	0.0431	0.204	0.00211
1 1/2	1.600	0.113	0.874	0.0467	0.679	0.6900	0.6610	0.2700	0.633	0.00271
2	2.375	0.133	1.909	0.0374	1.100	1.154	1.310	1.270	0.964	0.00600
2 1/2	2.875	0.140	2.200	0.1180	1.904	2.300	2.635	0.900	1.490	0.01000
3	3.500	0.146	3.110	0.1363	2.993	4.173	6.710	10.02	2.636	0.01614
3 1/2	4.000	0.154	3.667	0.1731	4.272	6.631	10.260	27.72	3.266	0.02300
4	4.500	0.163	4.170	0.2067	6.006	10.061	27.161	91.78	4.700	0.03321
4 1/2	5.000	0.170	4.666	0.2357	8.013	20.870	60.600	271.0	7.293	0.04300
5	5.563	0.177	5.248	0.2607	11.00	44.643	150.51	662.3	9.900	0.06070
6	6.315	0.180	6.065	0.3054	20.78	213.10	1351.0	9100	20.091	0.1000
8	8.625	0.200	8.271	0.4715	65.14	615.75	4143.0	34160	61.161	0.2532
10	10.75	0.212	7.901	0.6651	63.70	508.26	4057.7	32300	80.027	0.3474
10	10.75	0.270	10.191	0.9403	103.00	1050.7	10790	100070	101.000	0.5000
10	10.75	0.305	10.136	0.9466	101.74	1041.4	10555	100007	80.041	0.5000
10	10.75	0.365	10.070	0.9360	100.4	1000.0	10000	100000	70.055	0.5475
12	12.75	0.230	12.000	1.0075	100.17	1767.2	11300	226000	114.000	0.7972
12	12.75	0.275	12.000	1.000	104.0	1720.0	20720	240000	115.10	0.7000
<b>Extra Strong Pipe</b>										
1/2	0.600	0.090	0.310	0.0179	0.0063	0.00994	0.00134	0.000450	0.036	0.00012
3/4	0.800	0.110	0.202	0.0151	0.0013	0.0175	0.00217	0.001513	0.071	0.00060
1	1.060	0.126	0.413	0.0363	0.1700	0.0247	0.03201	0.01354	0.161	0.00090
1 1/4	1.315	0.147	0.506	0.0455	0.2901	0.1630	0.06006	0.04052	0.236	0.00163
1 1/2	1.600	0.164	0.743	0.0618	0.5006	0.0885	0.2031	0.2100	0.433	0.00200
2	2.375	0.179	0.957	0.0797	0.9100	0.0765	0.6267	0.0017	0.719	0.00090
2 1/2	2.875	0.191	1.270	0.1065	1.633	2.007	1.6667	2.099	1.203	0.00091
3	3.500	0.200	1.600	0.1280	2.180	3.275	5.063	7.090	1.767	0.01215
3 1/2	4.000	0.210	1.939	0.1616	2.700	7.200	14.126	27.41	2.063	0.02000
4	4.500	0.226	2.313	0.1936	3.200	13.536	29.117	67.04	4.230	0.02943
4 1/2	5.000	0.200	2.900	0.2417	0.010	16.200	79.220	206.1	6.006	0.04507
5	5.563	0.210	3.264	0.2663	11.32	20.000	120.54	320.0	8.000	0.06170
6	6.315	0.237	6.036	0.3100	16.64	80.000	214.33	019.0	11.000	0.07000
8	8.625	0.278	8.013	0.4011	32.10	111.00	630.6	2303.	10.194	0.1363
10	10.75	0.332	8.761	0.6001	23.10	191.20	1101.0	6306.	20.067	0.1010
10	10.75	0.400	7.613	0.6354	60.14	663.37	2300.2	23775.	65.063	0.2171
10	10.75	0.500	6.760	0.8115	96.00	936.00	9036.4	80110.	74.661	0.5105
12	12.75	0.300	11.750	0.9791	130.1	1613.1	19072.	223070.	100.434	0.7520
<b>Double Extra Strong Pipe</b>										
1/2	0.600	0.294	0.251	0.0710	0.0633	0.0160	0.004011	0.00107	0.000	0.00034
3/4	0.800	0.300	0.434	0.0363	0.1004	0.0017	0.01549	0.01500	0.100	0.00103
1	1.315	0.350	0.990	0.0490	0.3500	0.2100	0.1187	0.07711	0.201	0.00100
1 1/4	1.600	0.303	0.699	0.0747	0.6020	0.2103	0.6465	0.5775	0.630	0.00434
1 1/2	2.000	0.400	1.100	0.0917	1.210	1.331	1.4641	1.611	0.900	0.00600
2	2.375	0.436	1.503	0.1251	2.100	3.200	5.1031	7.670	1.774	0.01321
2 1/2	2.875	0.563	1.771	0.1476	3.136	5.564	9.8365	17.42	2.464	0.01770
3	3.500	0.600	2.300	0.1917	0.200	11.167	27.904	64.26	4.155	0.02000
3 1/2	4.000	0.636	2.724	0.2123	7.641	20.202	66.263	151.1	6.645	0.04000
4	4.500	0.674	3.181	0.2637	9.935	21.315	68.704	311.1	7.003	0.06410
6	6.315	0.750	4.063	0.3306	16.51	67.073	273.00	1107.	11.000	0.09000
8	8.625	0.864	0.907	0.4001	23.00	117.45	675.04	2016.	10.000	0.1300
10	10.75	0.975	0.8710	0.5710	47.37	214.05	2154.4	16200.	37.121	0.2570

## 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.											
		1/2"		3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"		2"	
Flow Gals. Per Min.	Vel. Feet Per Sec.	Flow Gals. Per Min.	Vel. Feet Per Sec.	Flow Gals. Per Min.	Vel. Feet Per Sec.	Flow Gals. Per Min.	Vel. Feet Per Sec.	Flow Gals. Per Min.	Vel. Feet Per Sec.	Flow Gals. Per Min.	Vel. Feet Per Sec.	Flow Gals. Per Min.	Vel. Feet Per Sec.
10	1.0	10	1.0	10	1.0	10	1.0	10	1.0	10	1.0	10	1.0
20	2.0	20	2.0	20	2.0	20	2.0	20	2.0	20	2.0	20	2.0
30	3.0	30	3.0	30	3.0	30	3.0	30	3.0	30	3.0	30	3.0
40	4.0	40	4.0	40	4.0	40	4.0	40	4.0	40	4.0	40	4.0
50	5.0	50	5.0	50	5.0	50	5.0	50	5.0	50	5.0	50	5.0
60	6.0	60	6.0	60	6.0	60	6.0	60	6.0	60	6.0	60	6.0
70	7.0	70	7.0	70	7.0	70	7.0	70	7.0	70	7.0	70	7.0
80	8.0	80	8.0	80	8.0	80	8.0	80	8.0	80	8.0	80	8.0
90	9.0	90	9.0	90	9.0	90	9.0	90	9.0	90	9.0	90	9.0
100	10.0	100	10.0	100	10.0	100	10.0	100	10.0	100	10.0	100	10.0
120	12.0	120	12.0	120	12.0	120	12.0	120	12.0	120	12.0	120	12.0
140	14.0	140	14.0	140	14.0	140	14.0	140	14.0	140	14.0	140	14.0
160	16.0	160	16.0	160	16.0	160	16.0	160	16.0	160	16.0	160	16.0
180	18.0	180	18.0	180	18.0	180	18.0	180	18.0	180	18.0	180	18.0
200	20.0	200	20.0	200	20.0	200	20.0	200	20.0	200	20.0	200	20.0
250	25.0	250	25.0	250	25.0	250	25.0	250	25.0	250	25.0	250	25.0
300	30.0	300	30.0	300	30.0	300	30.0	300	30.0	300	30.0	300	30.0
350	35.0	350	35.0	350	35.0	350	35.0	350	35.0	350	35.0	350	35.0
400	40.0	400	40.0	400	40.0	400	40.0	400	40.0	400	40.0	400	40.0
450	45.0	450	45.0	450	45.0	450	45.0	450	45.0	450	45.0	450	45.0
500	50.0	500	50.0	500	50.0	500	50.0	500	50.0	500	50.0	500	50.0
550	55.0	550	55.0	550	55.0	550	55.0	550	55.0	550	55.0	550	55.0
600	60.0	600	60.0	600	60.0	600	60.0	600	60.0	600	60.0	600	60.0
650	65.0	650	65.0	650	65.0	650	65.0	650	65.0	650	65.0	650	65.0
700	70.0	700	70.0	700	70.0	700	70.0	700	70.0	700	70.0	700	70.0
750	75.0	750	75.0	750	75.0	750	75.0	750	75.0	750	75.0	750	75.0
800	80.0	800	80.0	800	80.0	800	80.0	800	80.0	800	80.0	800	80.0
850	85.0	850	85.0	850	85.0	850	85.0	850	85.0	850	85.0	850	85.0
900	90.0	900	90.0	900	90.0	900	90.0	900	90.0	900	90.0	900	90.0
950	95.0	950	95.0	950	95.0	950	95.0	950	95.0	950	95.0	950	95.0
1000	100.0	1000	100.0	1000	100.0	1000	100.0	1000	100.0	1000	100.0	1000	100.0

For pipe lengths other than 100 feet, the pressure drop is proportional to the length. Thus, for 50 feet of pipe, the pressure drop is approximately one-half the value given in the table; for 200 feet, three times the given value, etc.

Velocity is a function of the cross-sectional flow area; thus, it is constant for a given flow rate and is independent of pipe length.

TABLA No. 1

MATERIALES PARA TUBERÍA AEREA DE REDES DE CONTRA-INCENDIO

	PARTIDA	DIAM	DESCRIPCION	ESPECIFICACION	
TUBO	Extremos Roscados y Coples	1 1/2" y mayores	Sin costura, Cód. 80	Aerón al estándar	
	Extremos Roscados	2" a 10"	Sin costura, Cód. 80	ASTM A-120, mínimo	
	Extremos Roscados	12" y mayores	Con costura, Cód. STD		
	Niples	1 1/2" y menores	S/vest. Cód. 80 (ambos extremos roscados)	Aerón al estándar	
			S/vest. Cód. 80 (un extremo roscado)	ASTM A-120, mínimo	
VALVULAS	BORNEZAS	Compuerta (cuello abollado)	1 1/2" y menores	100 g SWP, RSH, UB	BR
		Compuerta (cuello abollado)	2" (nota 2)	100 g SWP, RSH, UB	BR
		Compuerta (doble disco)	1 1/2" y 2 1/2"	100 g RSH, UB, Rema bronce NPT y no-cu macho NHT (con tapón, cartucho y cojinete)	BR
		Retención (tipo plástido)	1 1/2" y menores	150 g tipo rosca	BR, inserción de bronce con alfiler
BRIDAS	Compuerta (cuello abollado)	2" y mayores	121 g FF, OS&V, SB	A100 IBBM	
	Retención (columpio)	2" y mayores	125 g FF, BC	A100 IBBM	
	Marcha (subroscadas)	2" a 4" (Nota 2)	150 g BF	A210 Grado WCB	
	Marcha (subroscadas)	2" a 4" (Nota 2)	200 g FF	A210 Class B	
BRIDAS	CUELLO SOLDABLE	2" y mayores	150 g BF (unión entre bridas)	A101 GR 1	
		2" y mayores	150 g FF (unión c/vst)		
CONEX.	ROSCADAS	1 1/2" y menores	200 g, tubería unida con sistema de nervo central forner	A101 GR 11	
	COPLER ROSCADOS	1 1/2" y menores	200 g		
	SOLDABLES A TOPE	2" y mayores	Cód. de acuerdo con la del tubo	A254 GR WPB	
	JUNTAS	TODOS	Alcorno comprimido de 15 mm (1/2") de espesor	15-1170	
	TORNILLERIA	TODOS	Tornillos máquina de cabeza cuadrada con tuerca hexagonal.	A307 A190 GR 2H	
FINES	MANTENIMIENTO	1 1/2" y menores 2" y mayores	Tuerca unida Bipala		
	NORMAL	1 1/2" y menores 2" y mayores	Coples Soldables a tope		

NOTAS:

- 1) Para usar exclusivamente en Hidrosom
- 2) Para usar únicamente en Hidrosom
- 3) Tubería sobre apoyos, protegida con una pintura anti-rust y pintura roja.
- 4) Límites de espesores: 19.3 kg/cm<sup>2</sup> para 1 y 2 1/2"
- 5) Abreviaturas:
  - SWP: Perfiles de operación con vapor (Steam Working Pressure)
  - RSH: Varilla saliente con tuerca (Rising Stem Lock Nuts)
  - UB: Bujes de union rosca (Union Bolts)
  - NPT: Rosca estándar para tubería (National Pipe Thread)

- IBBM: Cuerpo de hierro con insertos de bronce (Iron Bolt Bronze Inserts)
- NHT: Rosca estándar para inserciones de mangueras (National Standard Hot Thread)
- OS&V: Vaga con tuerca extra - Outside Screw and Valve
- BR: Bujes esterilizado (Bolt-1 Bonnet)
- BC: Tapa esterilizada (Bolt Cap)
- FF: Cople plano - brida (Flat Flange)
- RF: Carga rosca - brida (Rising Foot)

## CAPITULO 6

## CONCLUSIONES

## 6. CONCLUSIONES

Concluyo que lo más valioso para todas las industrias, son sus recursos humanos. Los cuales están expuestos por la ocurrencia de muchos accidentes y altas pérdidas económicas. Vale la pena mencionar que en la industria petroquímica por la alta especialización de su personal, esto resulta aún más costoso. Si observamos que en otras industrias es redituable la prevención de accidentes, en la industria petrolera tiene mayor vigencia - ésta actividad.

El éxito de la prevención de accidentes se encuentra en - las personas preparadas para llevar a cabo éstos trabajos.

El Ingeniero Químico, como conocedor de los procesos industriales, es el profesionista más indicado, para crear, fomentar el interés por la seguridad industrial entre los trabajadores, empleados y demás personal en la planta.

Este trabajo tiene como objetivo de reducir los accidentes, y evitar los altos costos de pérdidas humanas y materiales. Que en última instancia afecta al progreso de la industria.

Hemos visto que mediante la estimación del índice de incendio y explosión podremos detectar más fácilmente la unidad o - equipo con más probabilidad de que ocurra un incendio y explosión en nuestra planta.

Encontrado esto, podemos disponer de los diversos dispositivos mínimos recomendables, para combatir o contrarrestar el - incendio y explosión en la planta.

En la actualidad es tan importante la seguridad industrial que existen compañías, que cuentan con éste departamento formado con sus mismos trabajadores. las llamadas brigadas de seguridad, contando con su respectivo programa de entrenamientos de simulación de siniestros y su combate.

En lo personal estoy satisfecho en haber realizado éste trabajo, asegurando gran provecho a la industria en general.

La aportación que nos brinda éste procedimiento es que:

"Ningún dispositivo de protección puede garantizar la seguridad, en los casos de fallas causadas por la operación o mantenimiento inadecuadas".

Es necesario mencionar que en los próximos proyectos de construcción de nuevas refinerías, evitar personal que esté habituado en fumar, consumir bebidas alcohólicas, así se evitarán siniestros causados por humanos.

El objetivo de éste trabajo fué estimar los riesgos de incendio y explosión de la planta de alquilación de la refinería 18 de Marzo de Petróleos Mexicanos, y determinar los dispositivos de seguridad para el control de la misma.

Una vez determinado ésto la utilidad de éste control implica su cumplimiento. Solamente así se puede garantizar una mayor eficiencia en la producción de nuestros productos, generando más utilidades a la industria nacional y divisas al país.

## CAPITULO 7

### BIBLIOGRAFIA

7.

## BIBLIOGRAFIA

## LIBROS.

SAFETY AND ACCIDENT PREVENTION IN CHEMICAL OPERATIONS.

By HOWARD H. FAWCETT & WILLIAM S. WOON.  
EDIT. JOHN WILEY & SONS. 1965.

FUNDAMENTOS DE INGENIERIA QUIMICA  
POR CHARLES M. THATCHER  
EDITORIAL C.E.C.S.A. EDIC. 1965.

SAFETY IN PETROLEUM REFINING AND RELATED INDUSTRIEL  
2ND EDITION, SIMMONS NEW YORK, 1959.

" A DISCUSSION OF FIRE RISK ASSESSMENT ", FIRE RISK  
ASSESSMENT ASTM STD. 762 G.T. CASTINO AND T.Z. HARMANT N.Y.  
EDS. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1982.

FIRE PROTECTION MANUAL FOR HYDROCARBON PROCESSING IN PLANTS  
VOL. 2 By CHARLET H. VERVALIN-HYDROCARBON PROCESSING. EDIT.  
GULF PUBLISHING Co. EDIT. 1981.

PLANTS DESIGN STRATEGY

By LUIGI VERDE AND GUIOU LEVY, EUTECO, S.P.A.  
MILAN, ITALY.

A.S. FOUST " PRINCIPIOS DE OPERACIONES UNITARIAS "   
5a. ED. MCGRAW -HILL BOOK Co., Inc., NEW YORK.

CRANE " FLOW OF FLUIDS " THROUGH VALVES, FITTINGS AND  
PIPE CRANE Co.

OCON TOJO " PROBLEMAS DE INGENIERIA QUIMICA "  
3a. ED. 1976.

PERRY H. ROBERT " CHEMICAL ENGINEERS HAND BOOK "  
5a. ED. MCGRAW-HILL BOOK Co.,  
Inc., NEW YORK. 1950.

STEWART L. HARRY " PUMPS "  
THEODORE AUDEL & COMPANY 1978.

#### N O R M A S

NORMA DE SEGURIDAD No. A.1.1. PROTECCION CONTRA INCENDIO DE LAS INSTALACIONES DE PROCESO.

#### A R T I C U L O S

ASOCIACION NACIONAL DE PROTECCION CONTRA INCENDIO ( N.F.P.A. ) National Fire Protection Association.

PREVENCION DE SINIESTROS EN LA INDUSTRIA.