



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

SISTEMAS AUTOMATICOS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO EN LA INDUSTRIA

T E S I S
QUE PARA OBTENER
EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A
JOSE LUIS SIERRA ARRATIA

DIRECTOR DE LA TESIS
ING. ENRIQUE GALVAN A.

MEXICO, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

1. PROLOGO

2. CAPITULO I

I.1. INTRODUCCION.

I.2. LA PROTECCION CONTRA INCENDIO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE CONSERVACION DE VIDAS, BIENES O PROPIEDADES Y FUENTES DE TRABAJO.

I.3. LA PROTECCION CONTRA INCENDIO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE REDUCCIONES EN LA PRIMA DE SEGURO.

3. CAPITULO II

II.1. COMBUSTION

II.2. PRINCIPIOS DEL FUEGO

II.3. PRINCIPIOS DE LA INFLAMABILIDAD

II.4. PRODUCTOS DE LA COMBUSTION Y SUS EFECTOS EN LA PROTECCION DE LA VIDA.

4. CAPITULO III

III.1. CLASIFICACION POR OCUPACION

III.2. CLASIFICACION POR TIPO DE PRODUCTO ALMACENADO

III.3. CLASIFICACION POR TIPO DE INCENDIO

5. CAPITULO IV

IV.1. REQUERIMIENTOS BASICOS PARA LA EXISTENCIA DEL FUEGO.

IV.2. EXTINCION POR ENFRIAMIENTO

IV.3. EXTINCION POR DILUCION DEL OXIGENO

IV.4. EXTINCION POR SUPRESION DEL COMBUSTIBLE

IV.5. EXTINCION POR INHIBICION DE LA FLAMA

6. CAPITULO V

V.1. INTRODUCCION

V.2. PRINCIPALES TIPOS DE SISTEMAS FIJOS

V.3. SISTEMAS DE BIOXIDO DE CARBONO

V.4. SISTEMAS DE GAS HALON

V.5. SISTEMAS DE POLVO QUIMICO SECO

V.6. SISTEMAS DE ESPUMA

7. CAPITULO VI

VI.1. ROCIADORES AUTOMATICOS

VI.2. GRADO DE TEMPERATURA PARA LA OPERACION DE LOS ROCIADORES AUTOMATICOS.

VI.3. TIPOS DE ROCIADORES

VI.4. LOCALIZACION Y ESPACIAMIENTO DE LOS ROCIADORES

VI.5. TUBERIA PARA LOS ROCIADORES

VI.6. SUMINISTRO DE AGUA

VI.7. TIPOS DE SISTEMAS DE ROCIADORES

VI.8. SISTEMAS DE ROCIO HIDRAULICO

8. CAPITULO VII

VII.1. DEFINICION DEL PROBLEMA

VII.2. CLASIFICACION DEL RIESGO

VII.3. BASES DE DISEÑO

VII.4. DISEÑO HIDRAULICO COMO SISTEMA ABIERTO

VII.5. DISEÑO HIDRAULICO COMO SISTEMA CERRADO

VII.6. SUMINISTRO DE AGUA

VII.7. ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS SOBRE LOS DOS DISEÑOS

P R O L O G O

El objetivo al tratar este tema, es el de describir en forma general y exclusiva los principales tipos de instalaciones fijas de protección contra incendio. No es nuestra intención el fijar bases para el diseño de los diferentes tipos de sistemas, sino el de brindar una idea de su funcionamiento para la mejor comprensión de ellos. Es imprescindible que las recomendaciones y requisitos para brindar la protección más adecuada, sean proporcionados por grupos de personas calificadas, con experiencia en la materia y compenetradas en todas las posibles combinaciones, clasificaciones y adelantos tecnológicos en la materia. De este modo, la inversión en protección contra incendio estará mejor planeada para las condiciones presentes y futuras de cada caso en particular. La coordinación para la instalación en obras nuevas o existentes estará mejor dirigida, la economía estará más controlada y sobre todo, su protección será más confiable.

C A P I T U L O I

I.1. I N T R O D U C C I O N .

El fuego ha sido compañero y servidor del hombre desde - que él vivía en las cavernas. Hoy en día, el fuego controlado tiene que ver con la mayoría de nuestras actividades cotidianas. La industria utiliza el calor y el -- fuego para la fabricación de infinidad de productos de - todos tipos.

Bién sabemos que, una cosa es el fuego controlado y otra es un incendio. Los incendios siguen cobrando (y cada - vez son más frecuentes) una cuota muy alta a la sociedad. Una cuota que podríamos medir en dolor, sufrimiento y -- muerte; una cuota que también se puede medir en una costosa destrucción de la propiedad, sin siquiera escatimar en los irreparables tesoros históricos y culturales, con los consecuentes costos económicos que tienden siempre a bajar los niveles de vida.

La mayoría de las personas no asimilan la idea de que -- puede llegar el día en que se encuentren envueltas en un incendio. Una idea remota que implica el que no se to--

men las medidas pertinentes para prevenirnos. Es un error el no prestar la suficiente atención a la amenaza que el fuego representa a la vida y a la propiedad, respaldados en la falta de tecnología o de medios disponibles para atacarlo. El error realmente se basa, en la actitud de la sociedad, en la economía de los negocios y en las prácticas políticas.

La aplicación de tecnología, así como la instalación de equipo para la protección contra incendio, implica un fuerte gasto de capital. Tomar un riesgo calculado es siempre más atractivo que la inversión de fondos substanciales para las facilidades de protección debido a ello, el dinero utilizado para esto es generalmente difícil de obtener. Resulta más económico el comprar un seguro contra incendio y pensar que así estamos cubiertos, sin tomar en cuenta que los efectos naturales del concepto del seguro por sí mismo, obscurecen el gasto económico que implica que la propiedad se destruya aunque ésta esté asegurada.

La incertidumbre de un incendio es la siempre presente tentación a tomar el riesgo y la consecuente liberación de una costosa inversión. Estos factores nos llevan a tomar decisiones en las empresas, las cuales en muchas instancias resultan en una substancial pérdida de vidas y propiedades. Pérdidas que pudieron ser impedidas si alguna alternativa de protección contra incendio hubiera

sido lo suficientemente atractiva.

I.2. LA PROTECCION CONTRA INCENDIO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE CONSERVACION DE VIDAS, BIENES O PROPIEDADES Y FUENTES DE TRABAJO.

Mientras que las pérdidas materiales causadas por un incendio son enormes y pueden llegar a medirse en un grado considerable, las pérdidas humanas no son fáciles de calcular. Una simple experiencia traumática puede ser recordada de por vida, pero agréguese a esto la larga recuperación en el hospital y la separación de los familiares y amigos. La repetida anestesia y cirugía con el terror a morir cada vez forzando al paciente a la inconciencia y a soportar el tratamiento de dolorosos compuestos químicos. Las largas recuperaciones, el inevitable tiempo de depresión, tristeza y desahuciamiento que viene -- con todas las quemaduras mayores, son también agregables.

Las familias pasan por reacciones paralelas, yendo desde el shock y el terror hasta el temor por la vida del paciente quemado, pasando por todos los sufrimientos del paciente. Todo esto es una pérdida que monetariamente no se puede medir.

La prevención de daños a personas o pérdida de vidas, debe ser, el primer objetivo de toda protección contra incendio. La protección automática contra incendio es un

factor importante para salvaguardar vidas en los incendios. Las estadísticas muestran que la pérdida de vidas en los incendios de edificios protegidos con rociadores automáticos han sido casi nulas. Las pocas muertes que han ocurrido, han sido bajo circunstancias no usuales, - donde el sistema de rociadores estaba fuera de servicio por alguna razón; donde el fuego estaba confinado en telas o trapos y no llegó a generar el suficiente calor para hacer funcionar los rociadores; o donde las quemaduras fatales fueron causadas por explosiones o flamazos. Es por esto y por otras razones el que un sistema automático de protección contra incendio, por sí solo, no necesariamente asegura la vida de las personas. No es una buena práctica en la protección contra incendio el rechazar otras precauciones por el simple hecho de que se tengan instalados sistemas automáticos.

El pensar solamente en la destrucción de la propiedad, o en el daño a la propiedad que causan el fuego, el agua y el humo, es subestimar la verdadera naturaleza de un incendio. Existe una innumerable pérdida debida a gastos intangibles e indirectos que no pueden medirse fácilmente en pesos, como lo son: la pérdida de empleos, la pérdida de ingresos y los fracasos de las empresas. Hasta el momento no existe una visión muy clara de cuáles pueden ser los gastos indirectos producidos por un incendio, aunque hay algunos que son obvios. Algunos ejemplos de

pérdidas que sufren las empresas son:

- a). Las empresas ven mermados sus ingresos con respecto a como se venía trabajando normalmente.
- b). Los clientes se pueden ver obligados a buscar otro proveedor que satisfaga su demanda y no volver jamás con el primero cuando éste haya reestablecido sus actividades.
- c). Las actividades de almacenamiento, procesamiento de datos, embarques, ventas, etc., pueden costar más dinero, por lo que el objetivo de utilidades se vería disminuído.
- d). Los obreros calificados pueden obtener nuevos y mejores empleos.
- e). El crédito puede ser más difícil de obtener.
- f). El capital invertido puede disminuir.
- g). El costo que causaría el reemplazar o reconstruir el edificio y/o equipo afectados puede ser substancialmente mayor al valor del que se destruyó.
- h). Se pueden tener grandes demoras en la entrega del equipo a reemplazar.
- i). La demolición y limpieza del lugar pueden resultar demasiado costosas.
- j). Se pueden destruir artículos cuyo valor intrínseco es mayor al estipulado, siendo éstos, los archivos -

de clientes, planos, modelos, expedientes, estadísticas, etc.

En general, cuando una industria sufre una interrupción seria causada por el incendio de algún equipo y/o proceso clave, se pueden generar uno o más de los siguientes efectos que podríamos resumir en:

1. Pérdidas al negocio.

2. Pérdidas para la comunidad.

1.2.1. Pérdidas al Negocio.

- a). Pérdida de clientes.
- b). Pérdida en la restitución del capital invertido.
- c). La utilidad de los productos terminados se -- puede ver considerablemente disminuida.
- d). Pérdida de confianza en los accionistas.
- e). Pérdida en la reputación para obtener crédi-- tos.
- f). Pérdida en la buena voluntad de los clientes, los empleados y la comunidad.
- g). Pérdida de personal capacitado que cambia de trabajo.
- h). El costo para mantener al personal clave, - - mientras dura el cese de operaciones, puede - ser demasiado alto.
- i). Los servicios productivos del personal clave se ven perdidos mientras dura el forzado cierre o cese de actividades.

- j). Gastos de demolición.
- k). Excesivo costo de reemplazo debido a la impotencia de comprar a tiempo lo más ventajoso - para la empresa y al tiempo extra utilizado - para ello.
- l). Costos de reemplazo de edificios y equipo depreciados.
- m). Costo por la contratación de locales temporales.
- n). Permanencia de los gastos fijos durante el -- cierre.
- o). Pérdida de planos, diseños, modelos, archivo y otro tipo de artículos que no se pueden - - reemplazar o se pueden reemplazar a muy alto costo.
- p). Pérdida para ganar el poder sobre patentes, - marcas registradas, etc.
- q). Pérdida del valor de la publicidad pasada.
- r). Importancia para defenderse de quejas injus-- tas debido a la pérdida de los archivos.
- s). Pérdida de la renta por parte de los dueños - del edificio.

I.2.2. Pérdidas para la Cominidad.

- a). Pérdida en la circulación de la nómina de los empleados.
- b). Decremento en las prestaciones del personal.

- c). Pérdidas en los negocios de los proveedores - de materia prima o de los prestadores de servicios a la fábrica.
- d). Desempleo.
- e). Pérdida en la captura de impuestos de la propiedad incendiada.
- f). En casos muy especiales, un solo incendio puede llegar a afectar a toda una industria.

I.3. LA PROTECCION CONTRA INCENDIO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE REDUCCIONES EN LA PRIMA DE SEGURO.

En México, la mayoría de las industrias no cuentan con sistemas automáticos de protección contra incendio. Siendo esto en muchos de los casos a que, para el dueño o -- los dueños el costo de la protección en relación al costo del edificio parece ser injustificadamente alto. Esto sin tomar en cuenta que, los ahorros en las primas de seguros por sí solos pueden ser los adecuados para financiar, en un período corto de años, la instalación de Sistemas Automáticos de Protección Contra Incendio; y que el gasto al incurrir en la instalación de los sistemas automáticos puede también crear un ahorro en el costo de edificación, ya que permite un incremento en la utilización de materiales menos resistentes al fuego, así como también permite eliminar muchas divisiones de áreas.

En México, la Asociación Mexicana de Instituciones de Se

guros (A.M.I.S.) es la oficina encargada de regular las tarifas de seguros contra incendio, así como de fijar -- los descuentos respectivos basados en las diferentes facilidades de protección contra incendio y en las normas que la misma asociación fija (en caso de querer profundizar más en los descuentos consulte el "Artículo 33.- Descuentos por Protecciones Contra Incendio" de los Reglamentos y Tarifa - Ramos de Incendio de la A.M.I.S.). -- Los descuentos más altos son los proporcionados a aquellas instalaciones que cuenten con sistemas de rociadores automáticos siendo éstos, todos los sistemas que -- cuenten con medios automáticos de extinción a base de espuma, bióxido de carbono, gas inerte, agua, etc.

Cuando se cumplen los requisitos básicos de protección -- contra incendio, la asociación brinda un descuento en la Prima del Seguro de 12.5% aumentando el descuento al --- 47.5% cuando se instalan rociadores automáticos. Si se cumplen todos los requisitos de protección contra incendio, el descuento máximo que brinda la asociación es del 30.0% incrementándose el descuento hasta el 65.0% cuando se instalan los rociadores automáticos. Es necesario hacer incapié en que para que la A.M.I.S. brinde los descuentos mencionados se requiere que, los sistemas de rociadores estén diseñados e instalados de acuerdo con las normas establecidas por la misma asociación.

Por todo lo expuesto en este capítulo, la inversión que

se requiere hacer para instalar un sistema automático de protección contra incendio, es un gasto que vale la pena.

C A P I T U L O I I

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL FUEGO

II.1. COMBUSTION.

La combustión es un proceso exotérmico, una reacción autosostenida que envuelve a la fase de condensación del combustible, la fase de vaporización o gasificación o a ambas. El proceso está generalmente (pero no necesariamente) asociado a la oxidación de un combustible por el oxígeno ambiente con emisión de luz. La combustión en su fase de condensación se presenta sin flama (sólidos incandescentes) mientras que la combustión en su fase gaseosa se presenta con flama visible.

II.1.1. Reacciones de la Oxidación.- Las reacciones de oxidación que encontramos en los incendios son reacciones exotérmicas, esto es que uno de los productos de la reacción es el calor.

Para que se pueda llevar a cabo la oxidación deberá estar presente un material combustible y un material oxidante. Ya sea que un material se pueda oxidar o no, depende de la química del material. Para cuestión práctica se podría decir que cualquier material que esté formado por carbono e hidrógeno, se puede oxidar. La mayoría de los materiales orgánicos sólidos, combustibles y de -

los líquidos y gases inflamables contienen grandes porcentajes de carbón e hidrógeno.

El elemento oxidante más común es el oxígeno del aire. El aire está compuesto de aproximadamente una quinta parte de oxígeno y cuatro quintas partes de nitrógeno.

II.1.1.1. Encendido.— El encendido es el proceso inicial de la combustión autosostenida. Se dice que el encendido es causado por un piloto cuando éste se debió, al acercamiento de alguna flama externa, chispa o brasa. Si el encendido ocurre sin la ayuda de alguna fuente piloto se le llamará auto-encendido.

La "temperatura de encendido" de una substancia es la mínima temperatura a la que deberá llegar un combustible para que éste se encienda. Generalmente la temperatura de encendido causada por alguna fuente piloto es considerablemente menor a la temperatura de autoencendido.

En general, las moléculas del combustible y las del oxígeno se deberán de excitar hasta un estado de actividad para que puedan interactuar químicamente para producir calor. Esta excitación puede ser inducida por medio de otras moléculas en excitación de alguna flama cercana, chispa o por aumento general en la temperatura. Después de interactuar químicamente el combustible y el oxígeno producen otras moléculas excitadas, así como calor. Si existe la suficiente cantidad de oxígeno y combustible, así como el suficiente número de especies en excitación,

el encendido ocurrirá como una acción en cadena donde el rango de producción de moléculas activas exceda el rango natural de decadencia. Ya que haya ocurrido el encendido, éste continuará hasta que sea consumido el combustible disponible o el oxidante o hasta que la flama se apague por enfriamiento o por haberse reducido el número de moléculas activas o por cualquier otra causa.

En general un encendido autosostenido podrá ocurrir solamente en aquellos casos donde pueda existir combustión autosostenida. Por ejemplo, si la presión ambiente o la concentración de oxígeno ambiente es insuficiente para poder mantener la combustión autosostenida, también será insuficiente para el encendido.

También es cierto que para la mayoría de los sólidos y líquidos combustibles la reacción donde se produce la flama es en la fase de gasificación o vaporización. A la mayoría de los combustibles sólidos y líquidos se le debe aplicar la suficiente energía térmica para convertir parte del combustible en gas para obtener así una mezcla de gas-combustible. La mínima temperatura que debe tener un sólido o líquido para que se forme la mezcla gas-combustible se denomina Temperatura de Encendido-Piloto ya que se requiere de un piloto para que la mezcla se encienda (para los líquidos se denomina punto de inflamabilidad).

En la práctica, la temperatura de encendido-piloto está

influenciada por el flujo de aire, el régimen de calentamiento y por el tamaño y forma del sólido o líquido.

En general, la temperatura de encendido de las mezclas de gas-combustible dependen de su composición, presión ambiental, el volumen de la mezcla, la forma del recipiente y de la energía del piloto. Para una cierta mezcla de combustible-aire determinada existe una presión mínima abajo de la cual no hay encendido. A medida que aumenta la temperatura se requerirá de menor energía piloto para encender la mezcla hasta que llega la temperatura a un punto donde la mezcla se encenderá espontáneamente. Esta temperatura se denomina de "encendido espontáneo". Las temperaturas de encendido espontáneo que se observan bajo ciertas condiciones se pueden cambiar substancialmente si se alteran las condiciones.

II.1.2. Explosiones.- Las explosiones generalmente suceden solamente en aquellas ocasiones donde al combustible y al oxidante se les permite mezclar íntimamente antes del encendido. Como resultado de ello la reacción de la combustión se lleva a cabo excesivamente rápido. Por lo mismo en el más amplio sentido de la palabra, una explosión es el efecto producido por la repentina y violenta expansión de los gases. Este proceso es una rápida transformación física y/o química de un sistema, en trabajo mecánico, acompañado por un cambio en su energía potencial, también puede ir acompañado por un choque de ondas y/o la ruptura del material o estructura que lo rodea. Una ex--

plosión puede ser causada por: (1) Cambios químicos, como lo son la detonación de un explosivo o la combustión de una mezcla de gas-aire; (2) cambios físicos o mecánicos, como lo es el estallido de una caldera y (3) cambios atómicos.

II.2. PRINCIPIOS DEL FUEGO.

Para ilustrar los múltiples procesos físicos y químicos que se llevan a cabo en los incendios, describiremos el encendido, quemado y la eventual extinción de la madera en una situación típica como lo es una chimenea.

1. Supongamos que una plancha de madera se calienta por radiación térmica. A medida que la superficie de la plancha llega a la temperatura de ebullición del agua, gases (principalmente vapor de agua) comienzan a surgir de la madera. Estos gases iniciales casi no tienen ningún contenido combustible. A medida que aumenta la temperatura de la plancha, arriba del punto de ebullición del agua, el proceso de secado va penetrando hacia el interior de la madera.

2. Con calentamiento continuo, la superficie de la madera comienza a perder color cuando la temperatura se acerca a los 575°F (302°C). Esta decoloración es una evidencia visible de la pirólisis (descomposición química de la materia por medio de la acción del calor). Cuando la madera se piroliza se desprenden gases combustibles, dejando atrás residuos carbonáceos. A medida que el calor --

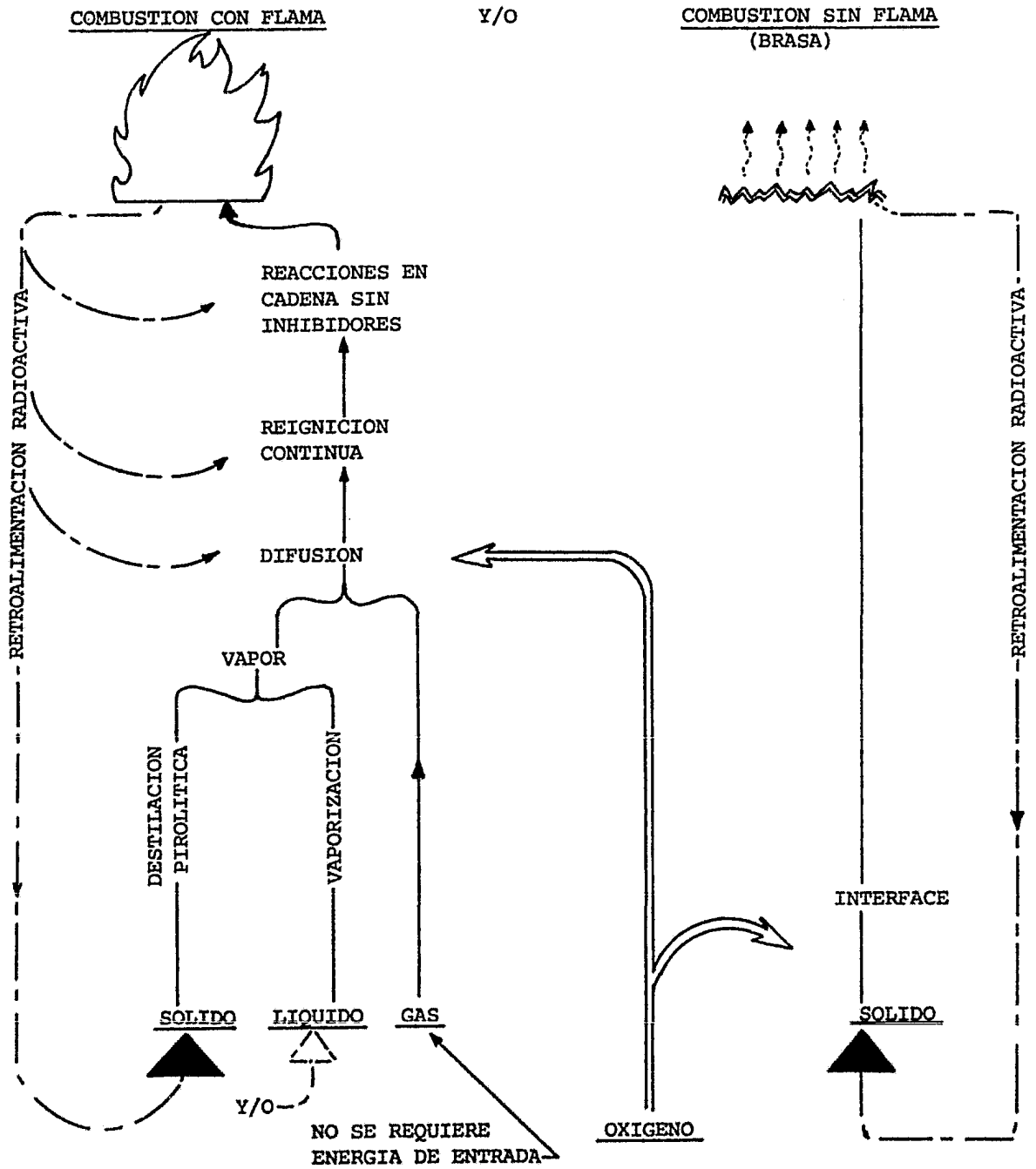


FIG. 2.1 MODOS BASICOS DEL SISTEMA DEL FUEGO

continúa el proceso pirolítico penetra hacia el interior de la madera.

3. Cuando comienza la pirólisis-activa, se desprenden gases combustibles lo suficientemente rápido para mantener la combustión autosostenida. Sin embargo la combustión se llevará a cabo solamente si existiere un piloto o - - cualquier otra fuente de moléculas químicas activas, suficiente para soportar el encendido-piloto. Si no se cuenta con un piloto se deberá de calentar la superficie de la madera a una temperatura más alta para que se - efectúe al auto-encendido.

4. Ya que se inició el encendido, la flama se propaga rápidamente cubriendo toda la superficie pirolizada. La flama protege a la superficie pirolizada del contacto directo con el oxígeno. Al mismo tiempo la flama calienta la superficie del combustible causando un incremento en el rango de la pirólisis. Si se quita la fuente original de calor al momento del encendido, el fuego seguirá calentando el combustible. De otra modo las flamas se - apagarían ya que la superficie de la plancha pierde mucho calor debido a la radiación térmica y a la conducción térmica hacia el interior. Si se tiene una plancha de madera cercana (o algún material aislante) frente a - la plancha prendida, ésta podrá recapturar y regresar mucha de la radiación térmica perdida de manera que la - - plancha encendida, se podrá seguir quemando aunque se ha ya quitado la fuente de calor original. Esto explica el por qué uno no puede quemar una sola plancha de madera en

una chimenea, sino que se necesita de más planchas para recapturar el calor perdido por radiación.

5. A medida que el fuego continúa la capa de carbón se va haciendo más grande. Esta capa de carbón, que es un buen aislante térmico, restringe el flujo de calor hacia el interior de la plancha y consecuentemente tiende a -- disminuir la pirólisis. La pirólisis también decrecerá cuando se terminen las superficies de madera que no se -- hayan pirolizado. Cuando la pirólisis ha disminuído hasta el punto donde no se puede sostener la combustión en la fase de gasificación, el oxígeno del aire entrará en contacto directo con el carbón permitiéndole que este se encienda cuando las pérdidas de calor no han sido muy -- grandes.

6. Lo discutido anteriormente presume un amplio (más no excesivo) suministro de aire (oxidante) para la combus--
tión. Si hubiese existido un oxidante insuficiente para quemar los vapores combustibles disponibles, éstos viaja
rían con las corrientes y posiblemente se quemarían don--
de eventualmente encontraran el suficiente oxidante. Por ejemplo, esto sucede cuando los vapores combustibles ---
emergen y se queman fuera de la ventana de un cuarto que se encuentra envuelto en llamas y sin ninguna ventilación.

Por otro lado, si se forzara una corriente de aire hacia

la superficie en estado de pirólisis, el suministro de oxidante puede superar al requerido para completar la combustión de los vapores combustibles. En este caso el exceso de oxidante puede enfriar las llamas lo suficiente como para suprimir la reacción química y apagarlas, como sucede cuando uno sopla una vela o cerillo. En el caso de grandes incendios con un gran suministro de vapores combustibles, las corrientes de aire, simplemente aumentan el fuego ya que al incrementar las flamas, la transferencia de calor en las superficies de los materiales combustibles refuerzan el suministro de combustible.

7. Después de encendida una parte de nuestra plancha de madera las flamas se podrán extender sobre toda la superficie de la plancha. El extendimiento de las flamas se puede considerar como una continua sucesión de encendimientos-piloto donde las mismas flamas son la fuente de calor. Comúnmente se puede observar que las flamas ascendentes se extienden más rápidamente que las flamas descendentes o que las que se extienden horizontalmente. Esto es porque las flamas calientes viajan ascendentemente y calientan una mayor área.

Generalmente en aquellos materiales que se encienden fácilmente las flamas se propagarán con rapidez. El encendido de los materiales está controlado por su resistencia al calor (inercia térmica) y al aumento en la temperatura que se requiere para que comience a pirolizarse. Los materiales con inercia térmica baja, como las espumas

mas plásticas o la madera balsa, se clientan muy rápidamente cuando están sujetos a un flujo de calor determinado. Estos materiales son, en la mayoría de los casos, - fáciles de encender y pueden causar una propagación muy rápida de las flamas. Por otro lado, los materiales densos, como la madera de ébano, tienden a tener relativamente altas inercias térmicas y son difíciles de encender.

8. Los fuegos más peligrosos están gobernados por la --- transferencia de la radiación térmica de las flamas a -- las superficies pirolizables de los combustibles. Esta radiación de las flamas proviene principalmente de las - partículas luminosas de hollín en las flamas. Los com-- bustibles que tienden a producir cantidades copiosas de hollín o humo (como el poliestireno) también tienden a - soportar fuegos más intensos, a pesar de que sus vapores combustibles se queman incompletamente, como se puede -- ver en la mayor salida de humo.

Generalmente, el hollín de las flamas se incrementa grandemente con el contenido de oxígeno en la atmósfera que lo rodea. Los fuegos en atmósferas deficientes de oxígeno no producen menores cantidades considerables de hollín, mientras que los fuegos en atmósferas ricas en oxígeno - pueden llegar a formar mucho hollín. Esta sensibilidad al contenido de oxígeno puede influenciar fuertemente la radiación de la flama y los índices de ardor.

II.3. PRINCIPIOS DE LA INFLAMABILIDAD.

En resumen, la ciencia de la protección contra incendio descansa en los siguientes principios:

1. Un agente oxidante, un material combustibles y una -- fuente de encendido son esenciales para la combustión.
2. El material combustible se deberá de calentar hasta - su temperatura de encendido-piloto antes de que se pueda encender o soportar la propagación de las flamas.
3. El encendido subsecuente está gobernado por la retroa limentación del calor de las flamas al combustible que se evapora o piroliza.
4. El fuego continuará hasta que:
 - a). El material combustibles se consume, o;
 - b). La concentración necesaria del agente oxidante se disminuye hasta el punto donde no se puede soste- ner la combustión, o;
 - c). El suficiente calor es removido o impedido a que llegue el material combustible para prevenirlo de una futura pirólisis, o;
 - d). Las flamas se inhiben químicamente o se enfrían lo suficiente para evitar reacciones futuras.

II.4. PRODUCTOS DE LA COMBUSTION Y SUS EFECTOS EN LA PROTECCION DE LA VIDA.

Los productos de la combustión se pueden dividir en cua-

tro categorías: 1) gases, 2) flama, 3) calor, y 4) humo. Estos productos afectan la fisiología y el comportamiento de las personas en varios sentidos los cuales, pueden impedir el escape de un incendio a tiempo. Los efectos tóxicos como resultado de la inhalación de los gases producidos y del aire caliente, conjuntamente con la obscurización de la visión, contribuyen a la incapacitación física, pérdida de la coordinación motora, falta de juicio, desorientación, visión restringida y pánico. Los retrasos o los impedimentos al escapar nos llevan a posteriores daños o a la muerte por la inhalación de gases tóxicos y/o a sufrir quemaduras. Los sobrevivientes de un incendio pueden experimentar exposiciones póstumas a complicaciones pulmonares o quemaduras que los pueden --llevar a una muerte lenta.

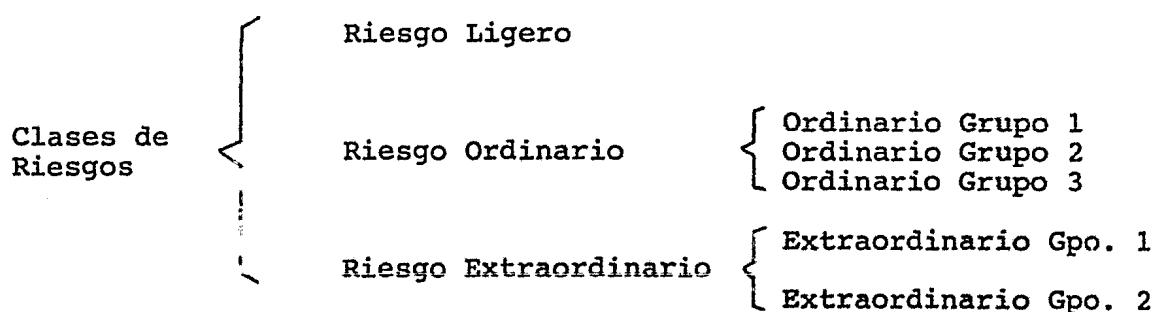
C A P I T U L O I I I

CLASIFICACION DE RIESGOS

Desde el punto de vista de la Protección Contra Incendio se han clasificado los riesgos de tres maneras, a saber: por Ocupación, por el Tipo de Producto Almacenado y por tipo de Incendio.

III.1. CLASIFICACION POR OCUPACION.

Por ocupación nos referimos a los materiales y equipo -- que ocupan el área que se vá a proteger. La clasificac-- ción por ocupación está relacionada unicamente a la ins-- talación de rociadores y a su suministro de agua.



III.1.1. Riesgo Ligero.- Ocupaciones o porciones de otras ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de lo contenido es baja y se esperan fuegos con un relativo bajo coeficiente de liberación de calor.

El riesgo ligero incluye ocupaciones que tengan condiciones similares a:

- a). Asilos o casas de convalecencia.
- b). Aticos sin uso.
- c). Bibliotecas, excepto en los cuartos que contengan -- grandes libreros.
- d). Clubes.
- e). Escuelas.
- f). Hospitales.
- g). Iglesias.
- h). Instituciones.
- i). Museos.
- j). Oficinas, incluye procesamiento de datos.
- k). Residencias.
- l). Restaurantes y áreas de descanso.
- m). Teatros y auditorios, excluyendo el escenario y el - proscenio.

III.1.2. Riesgo Ordinario (Grupo 1). Ocupaciones o porciones de otras ocupaciones donde la combustibilidad es baja, la cantidad de los combustibles es moderada, las estibas de materiales combustibles no exceden de 2.4 metros (8 ft.) y se esperan fuegos con un moderado coeficiente de liberación de calor.

Este riesgo incluye ocupaciones que tengan condiciones similares a:

- a). Areas de servicio de hoteles y restaurantes.
- b). Enlatadoras.
- c). Estacionamientos.
- d). Fábricas de bebidas (no alcohólicas).
- e). Fábricas de partes electrónicas.
- f). Fábricas de productos lácteos.
- g). Fábricas de vidrio o productos de vidrio.
- h). Lavanderías.
- i). Pastelerías.

III.1.2. Riesgo Ordinario (Grupo 2). Ocupaciones o porciones de otras ocupaciones donde la cantidad y la combustibilidad de lo contenido es moderada, las estibas no exceden de 3.7 metros (12 Ft.) y se esperen fuegos con un moderado coeficiente de liberación de calor.

El riesgo incluye ocupaciones con condiciones similares

a:

- a). Abarrotes.
- b). Bibliotecas, cuartos con grandes libreros.
- c). Carpinterías.
- d). Destilerías.
- e). Imprentas y productos para publicidad.
- f). Molinos de cereales.
- g). Plantas de maquinado.
- h). Plantas químicas ordinarias.
- i). Productos de cuero.

- j). Productos de tabaco.
- k). Productos textiles
- l). Refrigeradores industriales.
- m). Trabajo de metales.

III.1.4. Riesgo Ordinario (Grupo 3). Ocupaciones o porciones de otras ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de lo contenido sea alta y se esperen fuegos - con un alto coeficiente de liberación de calor.

El riesgo incluye ocupaciones con condiciones similares a:

- a). Almacenes que contengan de un moderado o un alto contenido de combustibles como lo son el papel, muebles para el hogar, pinturas, whisky, almacenes generales, etc.
- b). Manufactura de llantas.
- c). Molinos de alimentos.
- d). Molinos de papel y pulpa de papel.
- e). Muelles o andenes.
- f). Plantas procesadoras de papel.
- g). Talleres de servicio.
- h). Trabajo de la madera.

III.1.5. Riesgo Extraordinario (Grupo 1). Ocupaciones o porciones de otras ocupaciones que representen grandes riesgos, donde la cantidad y la combustibilidad de lo contenido es muy alta, donde los materiales inflamables

o líquidos combustibles no existan o se encuentren en pequeña escala y donde se presente la probabilidad de un rápido desarrollo del fuego con un alto coeficiente de liberación de calor.

Este riesgo incluye ocupaciones que tengan condiciones similares a:

- a). Areas donde se utilice algún tipo de fluido combustible.
- b). Aserraderos.
- c). Extruido de metales.
- d). Fundiciones.
- e). Imprentas donde se utilicen tintas cuyo punto de ignición sea menor a 37.8°C (100°F).
- f). Manufactura de triplay y tablonés de madera prensada.
- g). Plantas donde se trabaje el hule.
- h). Plantas textiles.
- i). Tapizado con espumas plásticas.

III.1.6. Riesgo Extraordinario (Grupo 2). Ocupaciones o porciones de otras ocupaciones que representen un alto riesgo, donde la cantidad y combustibilidad de lo contenido sea muy alta, donde se encuentren cantidades moderadas o substanciales de inflamables o líquidos combustibles y donde se presente la probabilidad de un rápido desarrollo del fuego con muy alto coeficiente de liberación de calor.

Este riesgo incluye ocupaciones que tengan condiciones - similares a:

- a). Asfalto saturado.
- b). Baños de pintura o barniz.
- c). Limpieza con solventes.
- d). Procedimientos de recubrimiento.
- e). Rocío con líquidos inflamables.

III.2. Clasificación por Tipo de Producto Almacenado.

La finalidad de esta clasificación es el tener una base para determinar el tipo de riesgo que se tiene en un almacén y está relacionada unicamente a la instalación de rociadores automáticos a base de agua y a su suministro.

	Clase I.
Clasificación de	Clase II
los Productos	Clase III
	Clase IV

III.2.1. Productos Clase I. Son productos esencialmente no - combustibles sobre palets combustibles, en cajas de cartón o sin divisiones delgadas, o en envolturas de papel ordinario con o sin palets.

Ejemplos de estos productos son:

Comidas y bebidas no - combustibles; comida en recipientes no - combustibles; comida congelada; carnes; frutas frescas y vegetales en recipientes o charolas no - combustibles; derivados líquidos de la leche en recipientes

que no sean de papel encerado o papel plastificado; cerveza y vino, hasta 20% de alcohol, en recipientes de metal, vidrio o cerámica dentro de cajas de cartón.

Botellas de vidrio, vacías o llenas de líquidos no combustibles; espejos. Escritorios de metal con cubierta y accesorios de plástico; bobinas eléctricas; dispositivos eléctricos en su envoltura metálica; cacerolas y sartenes; motores eléctricos; baterías secas; partes metálicas; latas vacías; estufas, lavadoras y gabinetes metálicos. Cemento en sacos; transformadores llenados con aceite; aislantes eléctricos; pigmentos inertes; insecticidas secos; yeso.

III.2.2. Productos Clase II. Son los productos de la Clase I en huacales de madera, cajas de madera sólida, cajas de cartón gruesos o algún otro tipo de material para empacar, con o sin palets.

Ejemplos de estos productos son:

Alambre con algún recubrimiento delgado sobre rollos de madera o en cajas de cartón; focos de luz incandescente o fluorescente; productos Clase I si están en cajas de cartón pequeñas o paquetes pequeños sobre cartón ordinario; libros y cerveza y vino hasta 20% de alcohol en recipientes de madera.

II.2.3. Productos Clase III. Los productos pueden ser ma-

dera, papel, telas de fibras naturales, plásticos del -- Grupo C o productos fabricados de éstos materiales, con o sin palets. Estos productos pueden contener una cantidad limitada de plásticos del Grupo A o B. Bicicletas - de metal con pedales, asientos y llantas de plástico son un ejemplo de productos con cantidad limitada de plásti- co.

Ejemplos de productos de Clase III son:

Zapatos, chamarras, guantes y equipaje de piel. Libros, revistas, hojas de papel, papel con recubrimiento plásti- co para envolver comida, periódico, juegos de papel o cartón, papel higiénico. Puertas, ventanas, marcos para --- puertas y ventanas, gabinetes y otros productos de madera. Productos de tabaco en cajas de cartón; líquidos no inflamable en recipientes de plástico como lo es el jabón, los detergentes y los blanqueadores; productos comestibles -- que sean combustibles como los cereales; medicinas no combustibles; papel para impresión (que no sea negativo) en cajas de cartón. Tela no plástica para tapizar; mobilia- rio de madera o metal tapizado de plástico, colchas sin - plástico o hule; algodón absorbente en cajas; fibras naturales e hilos, hilos sintéticos, telas y productos texti- les.

III.2.4. Productos Clase IV. Se definen como productos - de las clases I, II y III que contengan una apreciable -

cantidad de plásticos del Grupo A en cajas ordinarias de cartón.

Productos de las clases I, II y III en empaques de cartón corrugado con plástico del Grupo A, ya sea en palets o no. Plásticos del Grupo B y plásticos sueltos del Grupo A también se incluyen en esta clase.

Ejemplos de productos clase IV son:

Máquinas de escribir empacadas con protectores de espuma plástica en cajas de cartón. Aparatos pequeños, calculadoras y cámaras todas con partes de plástico; cintas de plástico, fibras o telas sintéticas que no sean viscosas, teléfonos; pisos de vinilo; mobiliario con alma de madera o acero con tapíz plasticado y/o acojinado con plástico; defensas con recubrimiento plástico, topes, etc.; cable conductor aislado y empacado en rollos de madera o cajas de cartón; sólidos inertes en recipientes de plástico; edificios aislados con paneles de poliuretano entre materiales no combustibles.

III.2.5. Clasificación de los Plásticos.

N O T A : Las siguientes categorías están basadas en materiales plásticos sin modificar. El uso de elementos retardantes del fuego o modificadores de la forma física del material pueden cambiar la clasificación.

GRUPO *A*

ABS (Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno)

Acrílico

Acetal

Hule Butilo

EPDM (Hule Etileno-Propileno)

FRP (Poliéster reforzado con fibra de vidrio)

Hule natural

Hule Nitrilo

PET (Poliéster termoplástico)

Polibutadieno

Policarbonato

Poliéster Elastómero

Poliestileno

Polipropileno

Poliestireno

Poliuretano

PVC (Cloruro de Polivinilo - altamente plastificado)

SAN (Estireno Acrilonitrilo)

SBR (Hule Estireno - Butadieno)

GRUPO *B*

Celulosicos (Acetatos Celulósico, Celulosa Etflica)

Hule Cloropreno

Fluoroplásticos (Etileno Tetrafluoroetileno Copolímero)

Nilón

Hule Silicón

GRUPO *C*

Fluoroplásticos (PCTFE - Policlorotrifluoroetileno - PTFE)

Polytetrafluoroetileno)

Melamina

Fenol

PVC (Cloruro de Polivinilo - rígido o ligeramente plasti-
ficado)

PVDC (Cloruro de Polivinilideno)

PVF (Fluoruro de Polivinil)

PVDF (Fluoruro de Polivinilideno)

Urea (Urea Formaldehida)

III.3. Calsificación por tipo de Incendio.

Los incendios se clasifican por la materia combustible -
que los produce. Esta clasificación está relacionada --
con la instalación de extinguidores de fuego. A saber:

	Clase A
	Clase B
Clases de Incendio	Clase C
	Clase D
	Clase E

III.3.1. Clase A: Incendios ocasionados en combustibles
ordinarios en general (materias carbonosas, tales como -
papel, madera, textiles, trapos, hule y plásticos) que -
requieren de grandes cantidades de agua o de soluciones
que la contengan en gran porcentaje para enfriarlas, o -
del efecto que tienen algunos elementos químicos que los
cubren retardando la combustión.

III.3.2. Clase B: Fuegos ocasionados en líquidos inflamables o combustibles, gases inflamables, grasas y materias similares donde la extinción es más segura eliminando el aire (oxígeno), inhibiendo la liberación de vapores combustibles o interrumpiendo la reacción en cadena de la combustión.

III.3.3. Clase C: Incendios relacionados con equipo eléctrico energizado donde se requiere de un agente extinguidor no conductor de la electricidad (Nota : cuando el equipo eléctrico se desenergiza se pueden utilizar -- extinguidores clase A o B).

III.3.4. Clase D: Incendios ocasionados en ciertos metales combustibles como lo son el magnesio, el titanio, el circonio, el sodio, el potasio, etc. Se requiere de un medio de extinción por absorción del calor el cuál no -- reaccione con los metales en combustión.

III.3.5. Clase E: Incendios ocasionados en materiales -- explosivos donde se requiere de algún medio de extinción el cual no haga reaccionar los explosivos.

C A P I T U L O I V

TEORIA SOBRE EL CONTROL DEL FUEGO Y LAS EXPLOSIONES

IV.1. REQUERIMIENTOS BASICOS PARA LA EXISTENCIA DEL FUEGO.

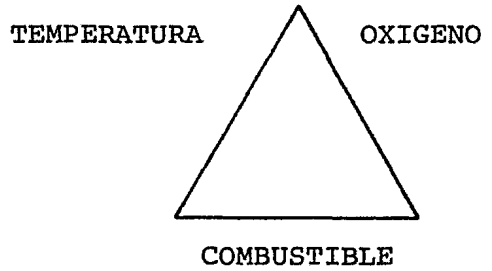
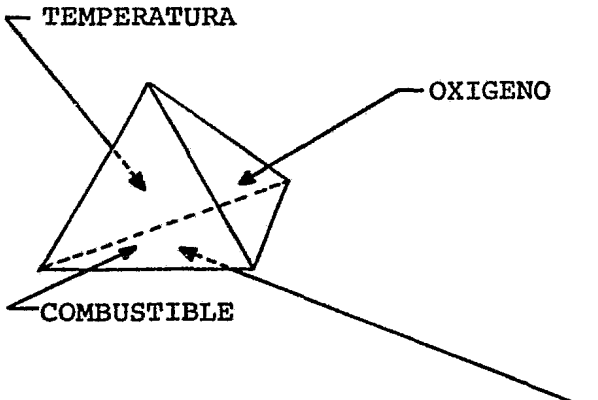
Como ya lo indicamos en la capítulo II, la combustión se presenta en dos formas: la combustión con flama y la combustión sin flama (sólidos incandescentes). Relacionándose la primera con altos índices de incendio, expresados en términos de energía calorífica liberada.

La combustión con flama se puede concebir como un tetraedro (ver figura 4.1.) donde cada uno de los lados representa uno de los cuatro principios requeridos. Ellos -- son: Combustible, calor, oxígeno y las reacciones en cadena (sin inhibidores) del proceso de la combustión.

COMBUSTION CON FLAMA

Y/O

COMBUSTION SIN FLAMA
(BRAZA)



REACCIONES EN CADENA SIN INHIBIDORES DEL PROCESO DE LA COMBUSTION

NO HAY REACCIONES EN CADENA

DIFUSION Y REIGNICION CONTINUA OBTENIDA AUTOMATICAMENTE A LOS NIVELES DE TEMPERATURA DE FLAMA

EL OXIGENO ESTA EN LA SUPERFICIE DE CONTACTO DEL COMBUSTIBLE.

COMBUSTIBLES EN FORMA DE VAPOR Y/O GAS

COMBUSTIBLES EN FORMA DE SOLIDOS INCANDESCENTES

FIG. 4.1. REQUERIMIENTOS BASICOS;

FORMAS DEL FUEGO

Como se puede ver en el lado derecho de la figura (4.1), la combustión sin flama se puede simbolizar correctamente en la forma del triángulo tradicional en donde cada uno de los lados representa uno de los tres principios básicos. Siendo éstos: combustible, calor y oxígeno.

Las dos formas que presenta la combustión no son mutuamente exclusivas y pueden presentarse por sí solas o en combinación con la otra.

Los líquidos inflamables y los gases se queman con flama unicamente. La mayoría de los plásticos sólidos se pueden fabricar como "líquidos inflamables congelados" y por ello se derriten con suficiente calor antes de que se quemen. Lo común de esta variedad de combustibles es de que deben de vaporizarse y difundirse inmediatamente con el oxígeno antes de que se quemen.

Ejemplos donde ambas formas del fuego pueden existir son: combustibles sólidos carbonosos como el carbón; carbohidratos sólidos, como los azúcares y almidones; sólidos celulósicos, como la madera, paja, maleza y vegetales que sean similares; y plásticos termoestables, los cuales no se derriten. En este tipo de materiales la combustión comienza con flama y una transición gradual ocurre hacia la combustión sin flama existiendo un período durante el cual ambas formas están simultáneamente en acción y finalmente, la flama se acaba, existiendo solamente combustión sin flama.

Ejemplos en donde existe solamente combustión sin flama son: carbón puro y otros no-metales realmente oxidables como lo es el azufre y el fósforo, así como también los metales oxidables como el magnesio, aluminio, circonio, uranio, sodio, potasio, etc.

En lo sucesivo, la combustión con flama tiene cuatro diferentes medios para el control del fuego, comparado con la combustión sin flama (braza) en donde existen solamente tres.

IV.2. EXTINCION POR ENFRIAMIENTO.

Bajo las condiciones de un incendio, el agua, aplicada ya sea por chorro directo o en forma de rocío hidráulico es el medio más efectivo para remover el calor de materiales combustibles como la madera, paja, cartón utilizado en la construcción y amueblado de los edificios. El mecanismo de extinción depende solamente, de enfriar el sólido combustible, reduciendo así y finalmente eliminando, la liberación de vapores y gases combustibles.

Esta acción de enfriamiento también tiene como resultado la formación de vapor de agua, lo que es particularmente observable en el rocío hidráulico, el cual en el caso de incendios confinados en cuartos o interiores, sirve para diluir la concentración del oxígeno ambiente. Debido a la baja densidad del vapor, el efecto es transitorio. -- Por esto, la rápida difusibilidad y el poco tiempo que -

el vapor se queda en el área del fuego son significantes solamente, en un segundo término. En el caso de fuegos exteriores el efecto es inexistente.

La eficiencia de un agente extintor como medio de enfriamiento, depende del calor latente, el calor específico y de su punto de ebullición.

Las propiedades superiores que tiene el agua se atribuyen a los altos valores de calor específico, calor latente y a la disponibilidad. Sin embargo el agua es pesada y -- constituye una carga para ser acarreada de cualquier distancia. El agua absorbe los rayos infrarrojos que el -- fuego irradia y su acción de enfriamiento se produce por conducción sucesiva, evaporación y por la absorción del calor por convección de los sólidos que se están quemando o que están calientes por exposición al fuego. Las - cualidades del agua se pueden sumarizar en:

1. Un galón por minuto (GPM) puede absorber 1000 btu/min cuando se aplica a 60°F (15°C) vaporizándose y sobrecalentándose a 500°F.
2. El agua se expande aproximadamente a una relación de 2,500:1, reduciendo el oxígeno en espacios cerrados.
3. El agua puede inducir aire inintencionalmente, dependiendo del chorro escogido. Esta ventilación puede - ser beneficiosa o perjudicial, dependiendo del uso que se le dé.
4. Se puede esperar que el agua pueda extinguir un fuego

que envuelva materiales ordinarios a razón de 100 - - piés cúbicos, por galón, por minuto.

5. Por último, al agua se le puede agregar aditivos para provocar una completa penetración; agentes que la vuelvan más densa para retardar el escurrimiento y la penetración; fosfatos de amonio, carbonatos alcalinos y boratos alcalinos que dejarán una capa de un residuo retardador al fuego; así como concentrados de espuma que puedan formar una capa en la superficie de los sólidos y en la mayoría de los líquidos.

Ya que el calor es disipado por radiación, conducción y convección, es solamente necesario absorber una pequeña cantidad del calor total involucrado en el fuego para extinguirlo por enfriamiento. Sin embargo siempre será necesario alcanzar directamente al material en combustión, lo que requiere de una buena visibilidad y acceso a ellos para hacerlo correctamente. Ventajosamente los rociadores automáticos funcionan en las primeras etapas del encendido, logrando así extinguir el fuego en forma más efectiva. Por lo que en áreas que contienen un alto riesgo, en lugares donde se utilizan grandes alturas para almacenar, estructuras muy altas y otros lugares de difícil acceso para las brigadas contra incendio, se vuelve vital el uso de sistemas automáticos de protección contra incendio.

IV.3. EXTINCION POR DILUCION DEL OXIGENO.

El oxígeno se puede presentar ya sea como oxígeno gaseoso

en la atmósfera (20.9% O₂; 79.1% N₂; 1.0% argón, CO₂, -- etc) o combinado con otros elementos en forma de hipocloritos, cloratos, percloratos, nitratos, cromatos, óxidos, peróxidos, etc. El término dilución solamente se puede aplicar el estado gaseoso ya que el oxígeno en el estado combinado está en las moléculas y no es posible diluirlo.

De aquí, que compuestos químicos que contienen oxígeno - presentarán siempre un alto grado de riesgo y la dilución del oxígeno no es de utilidad al combatir un incendio que contenga, una gran concentración de estos materiales.

Ya que iguales volúmenes de gases (y mezclas de gases) - contienen la misma cantidad de moléculas, es posible calcular las densidades de los gases por sus pesos moleculares, así como el racionalizar el porcentaje de oxígeno (cuando el espacio sea reducido) inyectando artificialmente gases raros como son el bióxido de carbono, nitrógeno, etc. Esta dilución del oxígeno se realiza también (como se vió en la parte 1 de este capítulo) por la formación de vapor generado cuando se aplica agua en fuegos encerrados.

Los fuegos, en espacios cerrados, por supuesto consumen oxígeno, sin embargo, no se puede confiar en el que se - llegue a una extinción por sí sola ya que las combustiones en atmósferas deficientes de oxígeno, tienen una co-

piosa generación de gases inflamables debido a la incompleta combustión. Una ventilación inadecuada o el irrupir a estos cuartos, ofrece buenas probabilidades de una explosión.

Un ejemplo típico de la eficacia del principio de dilución de oxígeno es cuando se utiliza el Bióxido de Carbono para inundar espacios cerrados o semi-cerrados totalmente.

IV.4. EXTINCIÓN POR SUPRESIÓN DEL COMBUSTIBLE.

La supresión del combustible se puede traducir literalmente como suprimir el combustible; indirectamente como, eliminando los vapores inflamables de la combustión en flama o cubriendo la superficie del combustible (en la combustión sin flama). Algunos ejemplos pueden ser:

1. Un tanque de líquido inflamable se puede extinguir -- por el oportuno bombeo del combustible hacia otro tanque vacío.
2. Si por alguna razón no se puede transferir el líquido inflamable a otro tanque, la propia agitación del líquido, de tal manera que la porción fría del fondo se eleve hasta la porción caliente en la parte superior y consecuentemente desplazando la parte caliente al fondo del tanque, tendrá como resultado que las flamas se consuman.

3. En el caso de incendios de gas como resultado de líneas rotas, bridas quebradas, empaques y tornillo volados, etc., un medio de extinción seguro es el de cerrar la válvula de gas.
4. El procedimiento común para combatir el fuego en los bosques incluye la práctica de talar una brecha para cortar el suministro de combustible en la dirección del avance de las flamas evitándose así que las flamas se extiendan.
5. El único método práctico para combatir el fuego de sólidos combustibles dentro de una pila o un silo es removiendo el combustible.
6. Cubriendo los líquidos y sólidos inflamables, con una solución de agua y espuma concentrada, es un procedimiento que se ha vuelto estandar para accidentes de aviación.
7. Cubriendo metales que estén encendidos, con soluciones inertes con respecto al particular metal involucrado. Como ejemplo son las sales inorgánicas utilizadas, la arena, carbonato sódico, fundentes y materiales similares tratados para hacerlos resistentes a la humedad, a la vez que fluídos.
8. Una técnica utilizada para combatir fuegos de grasas líquidas, de aceites animales insaturados, así como de aceites vegetales y grasas, es la de aplicar soluciones alcalinas o productos alcalinos secos, los cuales en contacto con la superficie encendida generan -

una reacción de saponificación (como cuando se hace jabón), y la espuma ligera que contiene vapor, causa que burbujas de bióxido de carbono y glicerina floten en la superficie del aceite. Debido a que la grasa líquida no está en contacto con el oxígeno del aire y no se puede quemar, el fuego se apaga.

IV.5. EXTINCIÓN POR INHIBICIÓN DE LA FLAMA.

La extinción por inhibición de la flama solamente se aplica a la combustión con flama.

Antes de que se discuta la inhibición, es necesario hacer notar que, la reacción de combustión procede de una serie de etapas. Estas etapas tienen características de reacción en cadena. Por ejemplo, referirse a la figura 5.2 la cual indica la rama de la reacción en cadena del sistema de hidrógeno-oxígeno. Esta reacción es la más sencilla (e incidentalmente la más rápida) de todos los tipos de combustión. Seguido de la separación inicial de la molécula de hidrógeno, los átomos de hidrógeno (especies de H*activo) reaccionan con las moléculas de oxígeno para producir OH* activos y átomos activos de oxígeno O*. Nótese que las especies activas se forman como productos, así como se consumen como reactantes, teniendo doble personalidad. A pesar de que el ejemplo se tomó del hidrógeno, el mismo ejemplo se tiene para combustibles que tienen hidrógeno en unión química con el carbono y otros elementos. Mientras que la reacción - - -

$2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ expresa la relación de peso y volumen, no expresa de ningún modo la cinématica involucrada. Se ha encontrado que la velocidad de la flama depende de la concentración de la especie OH^* activo y de la presión - a la que la reacción se lleva a cabo. Para los combustibles que no contienen hidrógeno, las especies activas de O^* son las que determinan la velocidad de la flama.

COMBUSTION BASICA
REACCIONES EN CADENA
(RAMIFICACIONES)

EJ. SISTEMA HIDROGENO-OXIGENO

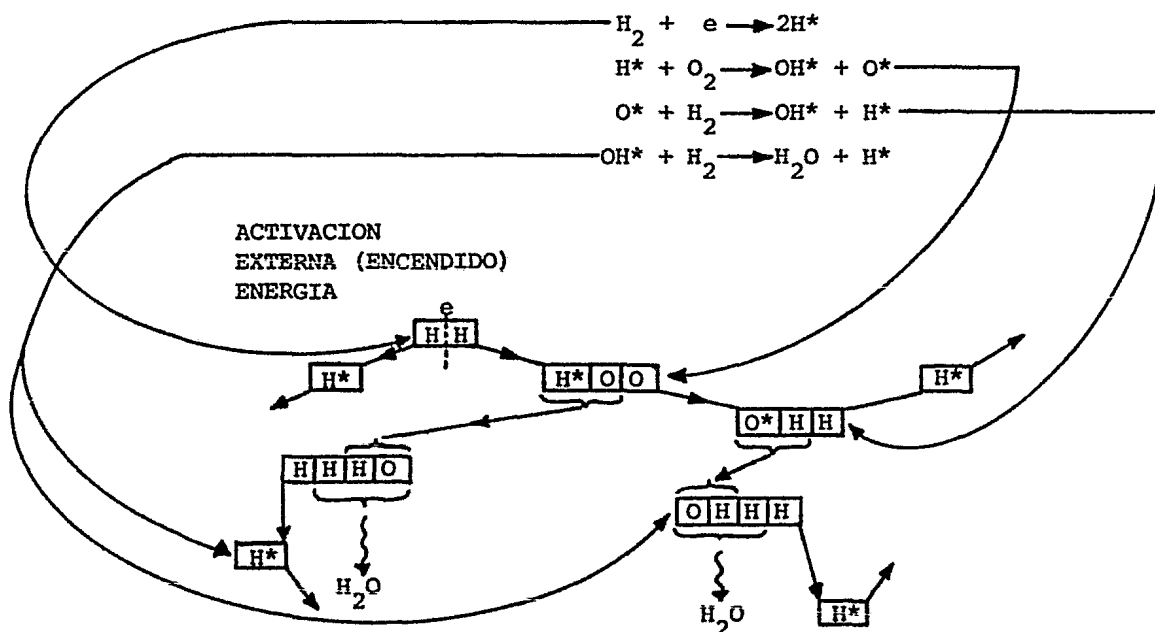


FIG. 5.2 REACCIONES EN CADENA DE LA COMBUSTION

La extinción por inhibición de la flama se hace posible solamente cuando, a las especies activas de OH^* , H^* y O^* no se les permite llevar a cabo su papel de sostener la flama. La manera exacta de como los inhibidores trabajan no es certera. Sin embargo, es definitivamente sa-

bido que las sustancias que tienen la propiedad de inhibir la flama caen dentro de las siguientes tres catego--rías:

1. Hidrocarburos halogenados gaseosos o líquidos, en donde la efectividad aumenta mientras más alto sea el órden de halógenos utilizados. Algunos utilizados en - el presente son:

Bromotrifluorometano	$CBrF_3$	Halón 1301
Bromoclorodifluorometano	$CBrClF_2$	Halón 1211
Dibromotetrafluoroetano	$CBrF_2CBrF_2$	Halón 2402

Existen muchos más, pero el necesario criterio de es-
tabilidad y los niveles aceptables de toxicidad son -
factores limitantes.

2. Sales de metales alcalinos, donde la porción cationi-
ca es el sodio y el potasio y donde la porción anionica
es ya sea el bicarbonato o el carbonato.

Algunos ejemplos de productos químicos utilizados en
el presente son:

Bicarbonato de sodio	Nombre comercial "Químico seco"
Bicarbonato de potasio	Nombre comercial "Púrpura K"
Carbamato de potasio	Nombre comercial "Monnex"
Cloruro de potasio	Nombre comercial "Super K"

Hay varios más, pero las dificultades causadas por la for-
mación de hidratos (higroscopía extrema y toxicidad) se
vuelven factores limitantes. La sal más efectiva para -
la inhibición de la flama es el oxalato de potasio, pero

los niveles aceptables de toxicidad prohíben su uso.

3. Sales de amonio, de las cuales la más prominente es - el fosfato de monoamonio.

Cuando estas sustancias se inyectan en las flamas, las sustancias se disocian térmicamente en sus radicales anionicos y catiónicos libres y catalizan la unión de OH^* y H^* de la combustión. Mitigando así su influencia para que la flama continúe. Bajo esta --- acción, la flama se inhibe y la extinción se completa cuando la cantidad adecuada de éstos agentes se aplica. Los agentes que actúan de esta manera también se denominan catalizadores negativos.

Este principio es el que se aplica en la mayoría de - los extinguidores de mano a base de polvo químico.

C A P I T U L O V

PRINCIPALES TIPOS DE INSTALACIONES FIJAS
DE PROTECCION CONTRA INCENDIO

V.1. INTRODUCCION.

Al tratar este tema, es nuestra intención apegarnos a -- describir en forma general y exclusivamente los principales tipos de sistemas fijos de protección contra incen-- dio.

Todos los sistemas tienen como principio fundamental para la extinción del fuego, la reducción o eliminación -- del OXIGENO Y/O CALOR, así como la inhibición de la llama. Estos elementos combinados con los materiales com-- bustibles producen, mantienen y aumentan la combustión.

V.2. PRINCIPALES TIPOS DE SISTEMAS FIJOS.

Los sistemas fijos de protección contra incendio más comunes son los siguientes:

1. Sistemas de Bióxido de Carbono.
2. Sistemas de Gas Halón.
3. Sistemas de Polvo Químico Seco
4. Sistemas de Espuma y de Espuma - Agua
5. Sistemas a Base de Agua. (ver capítulo VI)

V.3. SISTEMAS DE BIOXIDO DE CARBONO.

Estos sistemas son efectivos en la mayor parte de fuegos de materiales combustibles, excepto para algunos metales activos y metal - hidruros, así como en materiales que - contengan oxígeno disponible en sus moléculas. Sin embargo el mayor uso que se le ha dado al bióxido de carbono es en la extinción de incendios causados por líquidos inflamables ya que puede formar rápidamente una atmósfera inerte sobre la superficie de los líquidos.

Debido a que el bióxido de carbono es no conductor de la electricidad, también se le ha dado un gran uso en la -- protección de equipo eléctrico.

La propiedad que tiene el bióxido de carbono de no dañar los materiales lo hace útil en la protección de locales que contienen elementos de valor tales como pieles, archivos, cuartos de computadoras, locales para almacenar cintas de computadora y equipo, o materiales susceptibles a daños por residuos sólidos o líquidos.

Donde el pronto restablecimiento de las operaciones después del fuego es importante; el bióxido de carbono es - utilizado en ciertos equipos y procesos. El bióxido de carbono no daña o daña muy poco el equipo o materiales - en proceso y como no hay residuos que limpiar, el daño y el tiempo perdidos después de un incendio se reduce al - mínimo.

El bióxido de carbono tiene la propiedad de proveer su propia presión de descarga a través de las tuberías y boquillas; y como es un gas, puede penetrar y distribuirse en todas las superficies del riesgo.

V.3.1. Métodos de Aplicación.- Hay dos métodos de aplicación del bióxido de carbono para extinguir un fuego. El primer método, llamado de "Inundación Total", crea una atmósfera inerte en el compartimento o local donde se localiza el fuego. En algunos casos es necesario mantener la atmósfera inerte por algún tiempo hasta que la extinción sea completa.

El segundo método, llamado de "Aplicación Local", se descarga el bióxido de carbono en la superficie del elemento de combustión. No se requiere de un cerco alrededor del riesgo, pero es esencial en la aplicación local, -- que el fuego se apague por completo sin que exista la posibilidad de una reignición después de la descarga del bióxido de carbono.

V.3.2. Factores Limitantes.- La principal limitante del uso de bióxido de carbono es la baja capacidad que tiene para enfriar, comparada con la del agua.

La necesidad de utilizar grandes concentraciones de bióxido de carbono para apagar completamente algunos tipos de incendio y que no exista el peligro de una reignición, puede descartar el uso de un sistema de este tipo, a pe-

sar de que otros factores pudieran hacer su uso deseable.

V.3.3. Métodos de Accionamiento.- Los sistemas de bióxido de carbono se pueden diseñar para operación automática o manual. Los sistemas que actúan automáticamente deben de contar con algún dispositivo de operación manual.

Para la operación automática se provee de algún dispositivo confiable que detecte el fuego o conato de incendio, el cual a su vez mandará una señal la cuál operará un -- dispositivo que disparará el sistema. El dispositivo de detección podrá ser cualquiera de los listados o aprobados para operar por medio de calor, humo, flama, vapores inflamables u otra condición anormal que pudiera provocar un incendio o explosión.

El disparo del sistema podrá ser causado por medio de un interruptor eléctrico que automáticamente abrirá la válvula del cilindro de bióxido de carbono o puede ser algún - otro arreglo eléctrico más complicado, diseñado para mo-- ver unas levas impulsadas por un motor las cuales opera-- rán interruptores en alguna secuencia y al momento apropiado para que dé una alarma, se apaguen los equipos, se cierren las puertas contra incendio, se inicie y detenga la descarga del bióxido de carbono y efectúe algunas otras - acciones para que el fuego se extinga rápidamente o se corrijan condiciones peligrosas.

Los controles para operar manualmente el sistema deberán -

estar accesiblemente localizados de tal manera que se pueda acudir rápidamente a ellos debido a que de ello dependerá la rápida extinción del fuego.

V.3.4. Cantidad Necesaria de Bióxido de Carbono.- La cantidad de Bióxido de Carbono que se requiere para la extinción de un fuego depende del tipo de fuego, del tipo de sistema de extinción y de las condiciones del área donde operará el sistema que pudieran afectar adversamente la exitosa operación del mismo.

V.3.5. Supervisión de los Sistemas de Bióxido de Carbono.- Los sistemas de Bióxido de Carbono requieren de diversos grados de supervisión dependiendo de la complejidad del sistema. Como requerimiento mínimo, todos los sistemas deben de contar con una señal ya sea visual o audible, la cual indicará que el sistema operó y que deberá restablecerse. Una señal audible será necesaria para poner en aviso a las personas del lugar donde ocurrirá la descarga de Bióxido de Carbono. Las personas deberán tener el tiempo suficiente para escapar ya que se crea una atmósfera deficiente en oxígeno, por lo que deberá haber un lapso de tiempo entre el sonido de la alarma y la descarga de bióxido de carbono.

Donde los sistemas de detección y control sean tan grandes y complejos que no puedan ser chequeados visualmente, un sistema supervisor deberá existir para dar una señal

rápida y efectiva de cualquier falla.

V.3.6. Mantenimiento, Inspección y Procedimientos de - - Prueba.- El mantenimiento de los sistemas de bióxido de carbono requiere de un plan de chequeo visual y pruebas por lo menos una vez al año para asegurarse de que el -- sistema está en condiciones óptimas de operación. Para realizar una prueba satisfactoria, será necesario descargar el suficiente bióxido de carbono para que operen todos los dispositivos del sistema que actúan por la pre-- sión del gas.

Los cilindros se deberán pesar por lo menos dos veces al año para detectar pérdidas por fugas. Los cilindros que tengan una pérdida de peso del 10% o más deberán de reemplazarse.

El medidor del nivel de líquido en un tanque que contenga el bióxido de carbono a baja presión se deberá inspeccionar con frecuencia.

Es necesario decir que cualquier falla encontrada deberá ser reparada inmediatamente.

V.4. SISTEMAS DE GAS HALON.

Los sistemas de gas Halón se consideran útiles para los siguientes tipos de riesgos:

1. Cuando se requiere de un agente limpio.
2. Donde existe equipo energizado eléctricamente o donde se utilicen circuitos electrónicos.

3. Para líquidos inflamables o gases inflamables.
4. Para sólidos inflamables, como los termoplásticos.
5. Donde el riesgo contenga un proceso u objeto de gran valor.
6. Donde el área esté normalmente, o frecuentemente, ocupada por personas.
7. Donde la disponibilidad del agua, o el espacio para otro tipo de sistemas es limitado.

Mientras que los rociadores de agua generalmente protegen la estructura del riesgo, los sistemas de gas Halón solamente consideran la protección de lo contenido en el riesgo.

Hay varios tipos de materiales inflamables en los cuales el gas Halón es inefectivo. Estos son:

1. Combustibles que contienen su propio agente oxidante - como lo es la pólvora, cohetes de propulsión, nitrato de celulosa, peróxidos orgánicos, etc., donde los materiales contienen su propio suministro de oxígeno generalmente formando parte de la molécula del combustible, el halógeno es incapaz de penetrar en la zona de reacción lo suficientemente rápido para extinguir el fuego. El oxidante está físicamente en una proximidad demasiado cercana al combustible como para permitir que interactúe el agente extintor.
2. Los metales reactivos, como el sodio, potasio, magne--

sio, titanio y zirconio y los metal-hidruros como el hidruro de litio. Donde el halógeno no puede operar efectivamente ya que son muy reactivos a la temperatura de flama.

A pesar de que el Halón no extingue este tipo de fuegos, los sistemas que lo utilizan pueden seguir teniendo aplicación en los riesgos que contienen estos materiales, -- con dos beneficios. El primer beneficio sería que el Halón puede extinguir materiales combustibles adyacentes, previniendo que los combustibles que tienen este problema se enciendan. El segundo beneficio es para cuando -- los materiales problema se encuentran en combustión y el Halón puede prevenir que los materiales combustibles comunes que se encuentran a su alrededor se enciendan limitando el fuego al material problema que puede extinguirse por otro medio. Sin embargo, si el material problema ocupa una porción grande del riesgo, puede ser que el halógeno se descomponga debido a la continua combustión.

La limitante más común del Halón es la poca efectividad en los fuegos Clase A en concentraciones abajo del 10% -- por volúmen. Un fuego clase A puede consistir en dos tipos de combustión: fuegos superficiales donde hay flama y rescoldos de brazas en la superficie del material y fuegos internos que implica a la combustión sin flama en la masa del elemento en combustión. Tanto el Halón 1301 como el Halón 1211 a concentraciones de 3½ a 4% han de--

mostrado ser capaces de extinguir fuegos superficiales en los materiales Clase A. La flama de éstos fuegos se extingue casi inmediatamente después de la aplicación del Halón y las brasas se extinguen entre los 5 y los 10 minutos después del período de descarga. Sin embargo, si el fuego se arraiga profundamente, no podrá ser extinguido por el agente a una concentración menor al 10%. De hecho, algunos tipos de fuegos arraigados requieren concentraciones arriba del 20% para poder asegurar una completa extinción. En fuegos arraigados del tipo A y en la presencia de bajas concentraciones de Halón 1301 y Halón 1211 el coeficiente de combustión será más bajo y prevendrá que el fuego se extienda a formaciones adyacentes de combustible volviendo a aparecer la flama. Se ha encontrado que estos elementos de control a base de gas Halón son una técnica muy útil para los riesgos de materiales Clase A. En estos casos, una respuesta de ayuda rápida es necesaria. De otra manera, productos de combustión -- parcial del fuego y de descomposición del agente extintor se acumularán a niveles peligrosos.

V.4.1. Métodos de Aplicación.- Existen dos tipos básicos de aplicación del Halón 1301 y del Halón 1211 que son: Sistemas de Inundación Total y Sistemas de Aplicación Local.

V.4.1.a. Sistemas de Inundación Total.- Estos sistemas protegen riesgos de locales cerrados o por lo menos de lo

cales semi-cerrados. Una cantidad suficiente de Halón - se descarga en el local para proveer una concentración - uniforme de Halón dentro de todo el local. Ejemplos de Sistemas de Inundación Total son los cuartos de las computadoras, cuartos de controles electrónicos; almacenamiento de obras de arte como libros, pinturas y estampas; cuarto de máquinas de barcos; áreas de carga en los grandes aviones; procesamiento y almacenamiento de pintura; solventes y otros líquidos inflamables, etc.

El Halón 1301, debido a su baja toxicidad, más alta volatilidad y menor peso molecular, ofrece particulares ventajas para los sistemas de inundación total.

V.4.1.b. Sistemas de Aplicación Local.- Estos sistemas -- descargan el Halón de tal manera que el objeto envuelto - en fuego está rodeado localmente por una gran concentra-- ción de este gas. En los sistemas de aplicación local, - ni la cantidad del gas ni la cantidad y arreglo de las boquillas de descarga es suficiente para lograr una total - inundación del local que contiene el objeto. Muchas ve-- ces se requiere de sistemas de aplicación local debido a que el mismo local no permite que haya inundación total. Ejemplos de áreas protegidas por sistemas de aplicación - local son: prensas de imprentas, cabinas de pintura, transformadores sumergidos en aceite, chimeneas para vapores, etc.

V.4.2. Toxicidad.- Aunque el Halón 1301 y el Halón 1211 no

son tóxicos a bajas concentraciones (menores al 10% para el primero y menores al 4% para el segundo), existe el riesgo de exponer a personas a altas concentraciones de éstos agentes, agregando a esto, la inhalación de los gases producidos por el fuego, así como de los posibles gases halogenados descompuestos por el calor. Por lo mismo se deberá contar con los dispositivos adecuados de alarma para la evacuación del área de descarga.

El Halón 1211 se adapta bien a este tipo de sistemas debido a su baja volatibilidad.

V.4.3. Detección y Accionamiento. Los sistemas de Halón tienen dispositivos para su operación similares a los utilizados por otro tipo de agentes (ver V.3.3). Sin embargo, existen importantes recomendaciones por las normas de la NFPA sobre los sistemas de Halón 1301 y Halón 1211 accionados automáticamente. La razón primordial de estas recomendaciones es la de limitar el tamaño y la severidad del fuego que deberá atacar el sistema, minimizando así la posible descomposición del Halón durante la extinción. En el caso de riesgos Clase A, un accionamiento automático complementado con detectores sensibles puede prevenir que el fuego se arraigue asegurando así una completa y rápida extinción. La detección del sistema es por ello en exceso importante para el diseño de los sistemas. El detector debe de ser lo suficientemente sensible al combustible en cuestión para que dé una rápida respuesta al fue

go en sus etapas incipientes. Pero una sensibilidad demasiado grande puede producir falsos accionamientos provocando una carga económica para el dueño, causando además una interrupción de la protección contra incendio y degradando la confianza del sistema.

Una particular atención se le debe de dar a la localización de los detectores en el área protegida. La cantidad y localización de los combustibles, la relación considerada de la sensibilidad, el espaciamiento de los detectores y las características de ventilación del área son todos factores importantes.

V.4.4. Puebas y Mantenimiento de los Sistemas.- Aunque las partes utilizadas en la instalación hayan sido probadas después de su fabricación, siempre será necesario -- efectuar las pruebas de funcionamiento de los sistemas -- al momento de ponerlos en servicio y comprobar que se encuentren instalados de acuerdo al diseño de los mismos.

Las pruebas de los sistemas pueden ir desde una inspección visual hasta un simulacro donde el sistema tendrá -- que descargarse automáticamente. El punto hasta el cuál llegar en las pruebas depende en parte del grado de complejidad del sistema, la novedad del sistema, el número de variables desconocidas que se puedan presentar en el área, así como de la experiencia del personal que efectuará las inspecciones y mantenimiento.

El primer paso a seguir en una inspección es el de comprobar visualmente el sistema. Los datos de la placa del tanque de almacenamiento deberán ser los mismos a los del diseño. La tubería, el equipo y las boquillas de descarga deberán ser los adecuados y deberán coincidir con los del diseño. La localización de las alarmas y de los dispositivos de accionamiento se deberán de confirmar. La configuración del área deberá ser la misma para la cual se elaboró el diseño. Se deberán de buscar aberturas hacia el exterior del área protegida que pudieron haber pasado por alto al hacer el diseño y por donde se podría escapar el gas. Cualquier desviación seria del diseño se deberá corregir antes de efectuar ninguna prueba física.

El segundo paso al efectuar una prueba es el de revisar el correcto funcionamiento del mecanismo de detección y accionamiento. Se deberá tener cuidado de cerrar la válvula de salida del gas. Al sistema se le puede inyectar aire comprimido para verificar que las tuberías no se encuentren obstruidas.

Generalmente éstos dos pasos a seguir para efectuar pruebas a los sistemas de gas Halón son suficientes. Sin embargo pudiera seguir un tercero donde se haría funcionar automáticamente el sistema efectuando una descarga de gas completa. Esta prueba es costosa y solamente se realiza cuando el riesgo así lo requiere.

La NFPA dicta ciertas normas específicas para el mantenimiento de los sistemas de Halón. Estas normas de revisión se deberán efectuar a intervalos anuales.

Cada 6 meses se le debe de dar al sistema una inspección visual para encontrar evidencias de corrosión o algún otro daño a los mecanismos y se deben de revisar los tanques de almacenamiento para fugas del gas, esta última consta de dos partes. En la primera se medirá la presión correcta a la temperatura ambiente para asegurar la presurización del gas. En la segunda se pesarán los tanques para determinar si hubo fugas de gas. Siempre se deberán efectuar ambas revisiones.

Por lo menos una vez al año las características operacionales del sistema se deberán comprobar. Esto requiere de efectuar las dos etapas previamente explicadas. No es muy común que se requiera de una descarga completa del gas. Es necesario decir que cualquier desperfecto encontrado en el sistema se deberá de corregir.

V.5. SISTEMAS DE POLVO QUIMICO SECO.

Los sistemas de polvo químico seco se utilizan donde se requiere una rápida extinción y donde no se presentan fuentes de reignición. El polvo químico seco se utiliza principalmente en riesgos de líquidos inflamables como son los tanques de inmersión, locales para almacenamiento de líquidos inflamables y áreas donde pueda haber de-

rrames de líquidos inflamables. Se han diseñado sistemas para campanas de cocinas, ductos y riegos en los que se involucren grasas.

Ya que el polvo químico seco no es conductor de la electricidad se ha encontrado que es muy útil en equipo eléctrico sujeto a riesgos de líquidos inflamables como son los transformadores sumergidos en aceite e interruptores automáticos sumergidos en aceite. Sin embargo no se recomienda utilizar sistemas de polvo químico seco en equipo eléctrico delicado como lo son los conmutadores telefónicos y las computadoras electrónicas, ya que este equipo se puede dañar al depositarse el polvo en el equipo y como el polvo es aislante se puede necesitar de una excesiva limpieza para restablecer la operación, lo que sería demasiado costoso.

Al polvo químico también se le ha dado uso en fuegos de materiales ordinarios, dependiendo de la composición química del polvo usado.

V.5.1. Métodos de Aplicación. Los dos métodos básicos de aplicación del polvo químico son: por "Inundación Total" y por "Aplicación Local".

En los sistemas por inundación total, una predeterminada cantidad de polvo químico seco se descarga en el espacio cerrado a través de un arreglo de tuberías y boquillas.

La inundación total se aplica solamente cuando el riesgo está totalmente encerrado o cuando todas las entradas y ventilaciones se pueden cerrar automáticamente. Solamente cuando se prevee que no haya reignición se puede utilizar el polvo químico ya que la acción de extinción es transitoria.

La aplicación local difiere de la inundación total en -- que las boquillas están distribuidas de tal manera que -- descarguen directamente en el área del fuego. La aplicación local es utilizable en situaciones donde el fuego -- se puede aislar de los otros riesgos de tal manera que -- el fuego no se extienda más allá del área protegida. El principal uso que se le ha dado es el de proteger tanques abiertos de líquidos inflamables. Así como en los sistemas de inundación total, los sistemas de aplicación local no son efectivos a menos que la extinción sea inmediata y no existan fuentes de reignición.

V.5.2. Diseño de los sistemas de Polvo Químico.- El polvo químico se deberá almacenar en recipientes a presión, generalmente de construcción de acero soldado. El polvo estará ya sea a presión atmosférica hasta que el sistema accione, o bajo presión integrada al gas que lo expulsará.

Los tanques en los cuales se almacena el polvo a presión atmosférica están equipados con una válvula de admisión

de gas, una abertura para el llenado sellada para evitar el paso de la humedad y una válvula para expulsión del polvo. En el interior del tanque, la válvula de admisión de gas está conectada a un arreglo de tubería construido para que cuando el gas fluya en el tanque se agite e impregne el polvo, haciéndolo que fluya. La válvula de expulsión del gas está provista de un disco de ruptura el cual permite que en el interior del tanque se llegue a elevar la presión hasta que ésta llegue a ser la propia para la operación del sistema.

El arreglo del gas expulsor consiste de un tanque a presión con las válvulas necesarias, reguladores de presión y la tubería que llevará el gas al tanque de almacenamiento a la presión y flujo determinados. El gas expulsor es por lo general Nitrógeno, pero se puede utilizar bióxido de carbono en los sistemas pequeños. El volumen y la presión de almacenamiento del gas lo dicta el gas utilizado y los requerimientos del sistema.

Los tanques en los cuales el polvo químico se almacena junto con el gas expulsor, están equipados con una abertura de llenado sellada para evitar el paso de la humedad, una válvula en la que está integrada la descarga del polvo y la carga del gas; y un manómetro. El gas expulsor generalmente es nitrógeno pero puede utilizarse aire seco.

Es deseable el localizar el ensamble de polvo químico-gas

expulsor tan cerca como sea lo práctico para el riesgo a proteger. Se requiere de un área en la cual la temperatura no exceda de los 60°C (140°F) la cuál es la necesaria para asegurar la cantidad de polvo químico. Las temperaturas bajas no afectan al polvo químico pero si al gas expulsor. Si el gas utilizado es bióxido de carbono, las temperaturas abajo de 0° C (32°F) pueden afectar adversamente al coeficiente de descarga. Sin embargo el uso de nitrógeno permite una buena operación hasta (-54°C) (-65°F), lo cual es una característica valiosa para ciertos riesgos.

V.5.3. Accionamiento del Sistema.- La activación es por medio de mecanismos automáticos los cuales incluyen dispositivos sensores localizados en el área del riesgo y disparadores automáticos que permiten que el polvo químico comience a fluir, accione alarmas y apague equipos en proceso.

Un dispositivo que esté accesible y sea fácil de manejar se deberá conectar a todo el sistema automático para su operación manual.

Cuando se utilicen sistemas con accionamiento automático, se deberá tomar en cuenta que una rápida descarga de --- grandes cantidades de polvo químico en un área reducida producirá una corta visibilidad y una respiración diffcil. Por esto, se deberán conectar al sistema alarmas y

protecciones en todos los casos en los que exista la posibilidad de que alguna persona se encuentre en el área protegida, para asegurar así un adecuado aviso y una pronta evacuación.

La selección del tipo y tamaño adecuado de las boquillas es necesario para poder tener la protección adecuada del riesgo.

La cantidad de polvo químico y el coeficiente del flujo deberá ser el suficiente para crear una concentración de agente extintor alrededor de todas las partes del espacio protegido por inundación total o sobre el área específicamente protegida por un sistema de aplicación local. El coeficiente de flujo tiene un mínimo factor crítico - ya que no apagará el fuego si se aplica muy lento. En la aplicación local una descarga a un coeficiente de flujo demasiado alto resultará en una descarga dispareja o en la descarga de todo el polvo químico antes de que la extinción se haya completado.

V.5.4. Mantenimiento, Inspección y Procedimientos de Prueba.- En general todos los sistemas de polvo químico, incluyendo las alarmas y los dispositivos de cierre, deberán ser inspeccionados a fondo y revisados para su correcta operación, por lo menos una vez al año. La frecuencia de las inspecciones dependerá del tipo de riesgo que se protege. Los sistemas sujetos a procesos que formen depósitos (como la pintura o polvo) y condiciones co

rosivas requerirán de inspecciones más frecuentes en -- sus componentes.

La cantidad del gas expulsor se deberá revisar semestral mente para asegurarse de que existe el suficiente para - proveer una descarga efectiva y que automáticamente limpie la tubería después de que el polvo químico se haya - disipado. Para los sistemas donde el gas expulsor se -- encuentre por separado, esta inspección se complementa re visando la presión (si se utiliza el nitrógeno) o el pe- so (si se utiliza bióxido de carbono) contra las recomen daciones del fabricante. En los sistemas donde el polvo químico se encuentra a presión, el manómetro se deberá - revisar para comprobar que el sistema está en el rango - de operación normal.

Por lo menos semestralmente se deberá comprobar la canti dad del polvo químico ya sea visualmente por medio del - nivel del polvo en los tanques o pesando los tanques - a presión.

La mayoría de los polvos químicos son alcalinos (sodio, bicarbonato potásico y carbonato potásico). Uno neutral (cloruro de potasio) y el tipo multiusos (fosfato de monoamonio) el cual es ácido. La mezcla básica inadvertida de los polvos químicos puede causar una reacción indeseable, generando así bióxido de carbono y/o una doble - descomposición, causando la falla del equipo o pérdida en la capacidad de descarga.

Durante las inspecciones periódicas, se deberá examinar las boquillas para comprobar que estén bien apuntadas, libres de obstrucciones y en buenas condiciones de operación. Los dispositivos de accionamiento, como son los fusibles térmicos, los detectores termoneumáticos o los termostatos eléctricos deberán también revisarse para comprobar que no estén sucios o dañados.

V.6. SISTEMAS DE ESPUMA.

Las espumas utilizadas en la Extinción de los Incendios están formadas por burbujas de soluciones acuosas con soluciones especiales generadoras de espuma. Debido a que la espuma es más ligera que las soluciones acuosas de las cuales se forma y más ligera que los líquidos inflamables, flota en la superficie de los mismos enfriándolos y excluyéndolos del aire ambiente. Ya que las espumas forman una manta continua que no permite que los vapores combustibles salgan y se mezclen con el oxígeno del aire el fuego tiende a apagarse.

Las espumas se generan por medio de un gran variedad de equipos y sistemas, existiendo por lo mismo una gran variedad de las mismas, algunas espumas son gruesas y viscosas las cuales forman una fuerte capa resistente al calor sobre superficies verticales y sobre la superficie de los líquidos. Otras son más delgadas y tienden a extenderse más rápidamente. Algunas se producen en grandes volúmenes de burbujas llenas de gas que se utilizan

para inundar áreas o llenar cavidades.

Debido a que existen varios métodos para generar y aplicar la espuma, describiremos solamente las características básicas de varios agentes espumosos, los métodos para producir las espumas y los métodos para la distribución de la misma.

V.6.1. Usos y Limitantes de las Espumas para Extinción de Incendios.- El principal uso que se le ha dado a la espuma es en la extinción de líquidos inflamables que se han derramado y en la extinción de fuegos en tanques de líquidos combustibles. En este tipo de incendios la espuma es el único agente que puede apagar el fuego permanentemente. Su aplicación permite que el fuego se vaya extinguiendo progresivamente. Una capa de espuma que cubra a la superficie de algún líquido es capaz de prevenir la transmisión de vapores durante algún período de tiempo, dependiendo de su estabilidad y de la altura de la capa. Los derrames de líquidos inflamables no serán peligrosos si están cubiertos por una manta de espuma. La manta puede ser quitada después de un tiempo sin detrimento del líquido con el cuál estaba en contacto.

Las espumas puede ser utilizadas para disminuir o eliminar la generación de vapores de líquidos o sólidos en su estado natural. También puede ser utilizados para llenar cavidades o compartimentos donde se puedan acumular

gases tóxicos o inflamables.

La espuma es de gran importancia cuando los aviones en operación están siendo cargados de combustible. Se requiere de una aplicación rápida de espuma cuando hay derrame de combustible en los accidentes de aviación o cuando es causado por algún mal funcionamiento. La protección contra incendio de los hangares es por medio de sistemas de rociadores automáticos de agua-espuma y equipo manual de espuma.

Las espumas de alta expansión del tipo 100X a 1000X son utilizadas para la inundación de sótanos o bodegas de barcos donde es muy difícil de combatir los fuegos. Aquí la espuma actúa para suprimar la convección y el acceso al oxígeno del aire. El contenido de agua sirve para enfriar y generar vapor disminuyendo así la cantidad de oxígeno. Espumas de este tipo con relación de expansión de 400X a 500X sirven para combatir los fuegos causados por derrames del gas natural líquido donde ayudan a dispersar la nube de vapor.

Muchas espumas se generan de soluciones con muy baja tensión superficial y características de penetración. Las espumas de este tipo son muy útiles en fuegos donde se presentan materiales clase A. Las soluciones de agua que se drenan de la espuma enfrían y mojan los combustibles sólidos.

Las espumas se descomponen y vaporizan su contenido de agua bajo el continuo ataque del calor y las flamas. -- Por ello la espuma se deberá de aplicar en la superficie del líquido en extinción. Las espumas son inestables y se pueden romper fácilmente por medio de fuerzas físicas y mecánicas. Algunos vapores químicos o fluidos pueden también destruir rápidamente la espuma. Cuando se utilizan ciertos tipos de agentes extintores en conjunto con la espuma puede ocurrir un severo rompimiento de la misma. Los aires turbulentos o los violentos escapes de gas en los incendios pueden desviar la descarga de la es puma del area incendiada.

Las soluciones de espuma son conductivas y por lo mismo no son recomendables en los fuegos eléctricos. En caso de utilizar espuma es más recomendable usarla en forma de rocío en vez de chorro directo.

Para utilizar la espuma con éxito se deberán seguir ciertos requisitos de diseño, así como métodos de aplicación recomendables.

En general, los siguientes criterios se deberán seguir - para conseguir que la espuma sea verdaderamente efectiva en los fuegos de líquidos inflamables.

1. El líquido deberá estar abajo de su punto de ebullición en su condicion ambiente de presión y temperatura.

2. Se deberá tener cuidado al aplicar espuma a líquidos con temperatura base de 212°F (100°C) o mayores. A ésta temperatura la espuma forma una emulsión de vapor, aire y combustible la cual puede producir un incremento en volumen muy severo.
3. El líquido no deberá ser destructor de la espuma utilizada o la espuma no deberá ser altamente soluble en el líquido a proteger.
4. El líquido no deberá reaccionar con el agua.
5. El fuego deberá ser del tipo de superficie horizontal. Fuegos en tercera dimensión no podrán ser apagados por la espuma a menos de que el líquido en combustión tenga un punto de encendido muy alto y pueda ser enfriado por el agua de la espuma.

V.6.2. Método para Generar Espuma.- El proceso de producir y distribuir la espuma para combatir incendios requiere de 3 operaciones separadas, cada una de las cuales consumen energía. Estos son: el proceso proporcionador, la fase de generación de espuma y el método de distribución. Un diagrama de flujo muestra (figura V.6.2.1.) la relación que existe entre las tres operaciones.

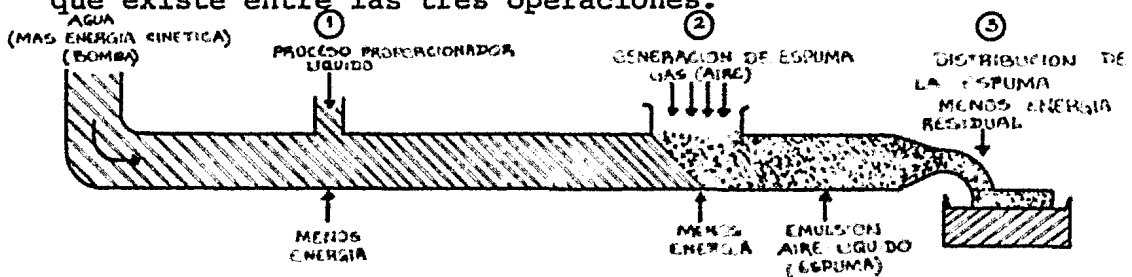


Fig. V.6.2.1. Diagrama mostrando las etapas en la generación de espuma.

En la práctica general, las funciones de generación y -- distribución de la espuma se llevan a cabo casi simultáneamente en el mismo dispositivo.

En algunos equipos portátiles los tres dispositivos están combinados en uno solo. En la protección de riesgos específicos el diseño y comportamiento requerido de los sistemas dicta el tipo de proporcionador, generador y -- distribuidor a utilizar.

V.6.3. Aplicación de la Espuma.- La espuma puede distribuirse por medio de los siguientes dispositivos:

V.6.3.1. Rociadores de espuma y agua.- Se colocan en los techos, que envían la espuma hacia arriba para proteger -- los mismos y las estructuras, así como los objetos que se encuentran debajo del rociador y el suelo, esto evita la propagación del incendio al mismo tiempo que lo extingue, cuando se agota la dotación de espuma el agua sigue descargándose igual que en el sistema de rociadores de "diluvio" sin destruir la capa protectora de espuma.

V.6.3.2. Cámara de espuma.- Se destina para esparcir una capa de espuma sobre las superficies de los líquidos inflamables contenidos en tanques, se colocan debajo del -- ángulo superior de la pared del tanque y tienen un deflector dentro del mismo.

V.6.3.3. Cámara de espuma con tubo "Moeller".- Este tipo de cámara descarga sin salpicaduras, tiene un tubo teji-

do grueso de asbesto enrollado dentro de la cámara cuando no está funcionando y al operar, el tubo se desenrolla y penetra al tanque quedando colocado sobre la superficie del líquido mientras la espuma fluye a través del tejido; como no se desperdicia espuma con las salpicaduras este dispositivo requiere instalaciones más reducidas para el líquido productor de espuma.

V.6.3.4. Boquillas de piso o tipo marino.- Son aquellas que descargan espuma a baja velocidad sobre el piso para extinguir incendios causados por tuberías rotas, derrames, etc., generalmente, se instalan en las casetas para bombas de gasolina u otros edificios en donde se usan o manejan líquidos inflamables; son ideales para proteger áreas debajo de calderas y cuarto de máquinas. Si se instalan correctamente pueden esparcir una capa adecuada de espuma en pocos minutos.

V.6.3.5. Boquillas portátiles.- Son de dos tipos básicamente: Chorro directo o chorro y rocío. Las boquillas pueden equiparse con tubos alimentados para incorporar el líquido productor de espuma tomado de un depósito portátil cuando no están conectados a una unidad mezcladora central.

V.6.4. Operación de los sistemas automáticamente.- Por medio de un sistema de detección termoneumático o termomecánico se envía la señal para abrir la válvula de con-

trol de la espuma química o la válvula de diluvio para controlar el agua en los sistemas de espuma mecánica, -- cuando el líquido productor de espuma se agrega al agua por medio de bombas de inyección, el relevador del sistema pone en marcha la bomba.

Manualmente: Los sistemas operados manualmente son generalmente restringidos a tanques de almacenamiento exteriores que son accesibles a una acción rápida por el personal capacitado para ello.

C A P I T U L O V I

SISTEMAS AUTOMATICOS A BASE DE AGUA

Este capítulo tratará a el agua como el elemento más importante, efectivo, económico, natural y antiguo de todos los que se hayan usado para el control y/o extinción del fuego. Con muy pocas excepciones, el agua es efectiva en la protección contra incendio si se utiliza en la forma adecuada para cada caso.

Los métodos de aplicación más importantes son a través de "Rociadores Automáticos" y "Boquillas de Rocio Hidráulico". Aunque el principio básico de funcionamiento de estos dispositivos de descarga sea el mismo, se han utilizado estas denominaciones para diferenciar la forma de distribución de agua así como su aplicación.

Los términos Protección a base de Rociadores, Instalación de Rociadores y Sistema de Rociadores, significan: la combinación de dispositivos de descarga de agua (Rociadores); de una ó más fuentes de agua a presión; dispositivos de control de flujo de agua (válvulas); tubería de distribución del agua hacia los dispositivos de descarga y de equipo auxiliar, como lo son las alarmas, los dispositivos de supervisión y los hidrantes interiores -

como los exteriores que con frecuencia forman parte del sistema. La figura 6.1. muestra una instalación típica de rociadores.

La designación Sistema de Rociadores se aplica, a los rociadores controlados por una sola válvula de alimentación (Válvula de Alarma). Para construcciones grandes, se requiere de más de un Sistema de Rociadores, pero un solo equipo de suministro de agua puede alimentar de agua a varios Sistemas de Rociadores.

El principio fundamental de un sistema de protección a base de rociadores es el de descargar agua automáticamente. Con la suficiente densidad que controle o extinga el fuego en su etapa inicial.

Se han diseñado Sistemas Automáticos de Rociadores para controlar o extinguir prácticamente todos los tipos de incendios de casi todos los materiales utilizados. Para ello es esencial que en cada riesgo se utilice el sistema apropiado.

Las normas de la National Fire Protection Association (NFPA) panfletos números 13 y 15 cubren los diseños de protección a base de rociadores, el tipo de materiales componentes a utilizar en los sistemas, así como las operaciones que se deben de seguir para su instalación.

6.1. Rociadores Automáticos.

Los rociadores automáticos son dispositivos termosensi--

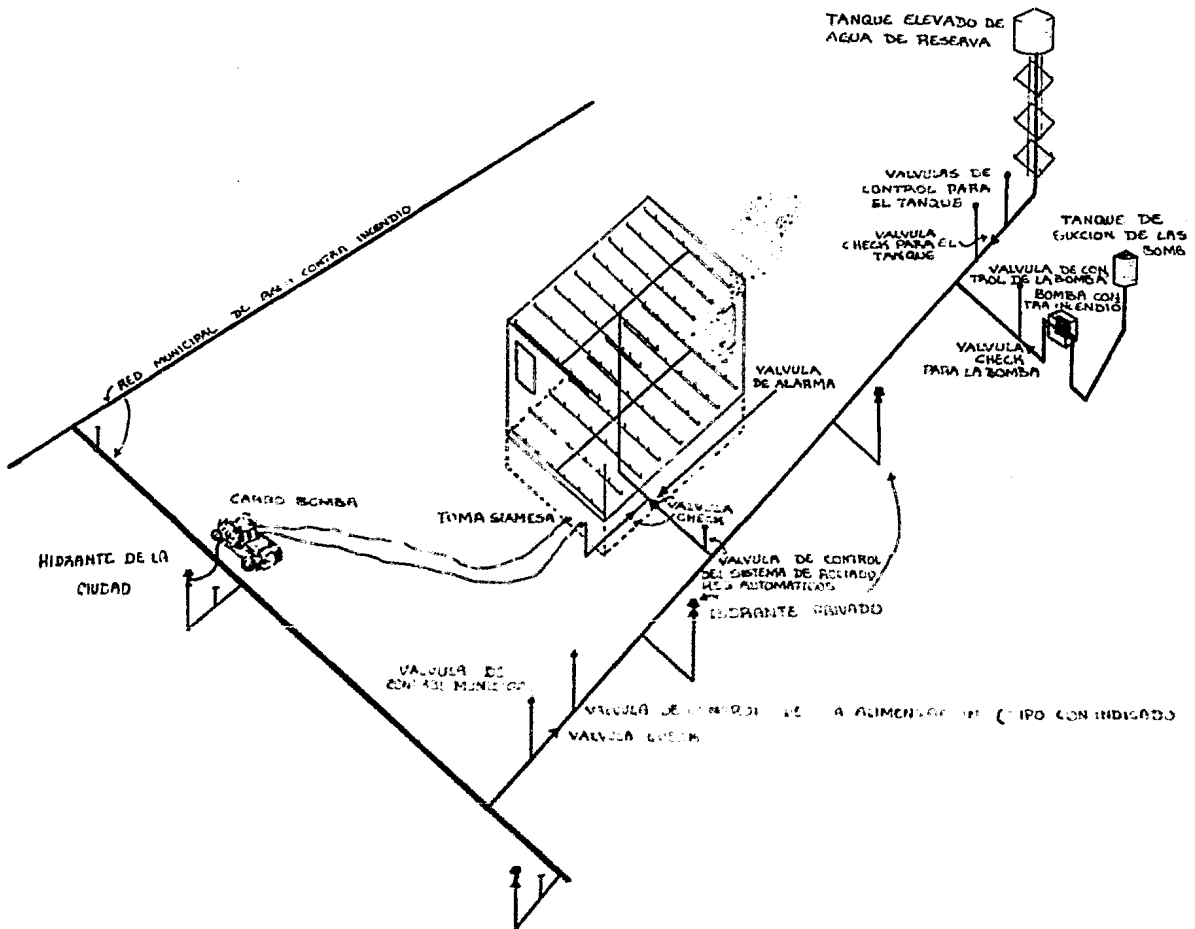


Figura 6.1. Arreglo Típico de un Sistema de Rociadores.

bles diseñados para actuar automáticamente a temperaturas predeterminadas. Su función es la de descargar agua distribuyéndola en la forma y cantidad requerida sobre las áreas designadas. La distribución automática del agua tiene como finalidad extinguir el fuego en su etapa incipiente o de prevenir que éste se extienda cuando el fuego esté fuera del control de los rociadores. El agua es llevada a los rociadores por medio de tuberías, generalmente fijadas al techo, donde los rociadores se espacían a lo largo de ellas.

Para poder apreciar la resistencia, simplicidad mecánica, seguridad en la operación y confianza en que su funcionamiento no sea prematuro, es necesario familiarizarnos un poco con los principios básicos de diseño, construcción y operación de los rociadores automáticos.

6.1. Elementos de Operación.- Bajo condiciones normales, la descarga de agua de un rociador automático está restringida por un tapón, el cuál se encuentra sujeto firmemente al orificio de descarga del rociador por medio de diferentes dispositivos de actuación que pueden ser de varios tipos, a saber:

6.1.1.1. Rociadores con Dispositivos Fusibles.- Un rociador del tipo de fusible opera bajo la fusión de una aleación de metales de un predeterminado punto de fusión. Varias combinaciones de palancas, puntales y eslabones, o de algunos otros miembros soldados, se utilizan para redu

cir la fuerza que actúa sobre la soldadura para que el rociador se mantenga cerrado con la mínima cantidad posible de material fundente. Esto minimiza el tiempo de operación ya que se reduce la cantidad de masa de soldadura que ha de fundirse.

Las soldaduras utilizadas en los rociadores automáticos son aleaciones de óptima fusibilidad, compuestos principalmente de estaño, plomo, cadmio y bismuto; los cuales tienen puntos de fusión perfectamente bien definidos.

6.1.1.2. Rociadores con Dispositivos Frágiles.- Estos rociadores utilizan para su operación un bulbo de cristal frágil. El pequeño bulbo de vidrio especial contiene en su interior un líquido, el cual no llena completamente el bulbo dejando una pequeña burbuja de aire atrapada adentro. A medida que el líquido se expande por medio del calor la burbuja de aire se comprime y luego es absorbida por el líquido. En el momento que la burbuja desaparece, la presión se eleva rápidamente y el bulbo se rompe, soltándose así el tapón. La temperatura de operación se regula ajustando la cantidad de líquido y el tamaño de la burbuja de aire cuando el bulbo se cierra en la fábrica.

6.1.1.3. Otros Dispositivos.- Otros tipos de elementos termosensibles se pueden utilizar para proveer una descarga automática como lo son los discos bimetálicos, volúmenes controlados de cera o explosivos químicos.

6.1.2. Dinámica de los Rociadores.- La presión mecánica ejercida normalmente sobre el tapón es varias veces mayor a la ejercida por el agua sobre el tapón, así que la posibilidad de fugas, incluso por el golpe de ariete o presiones excepcionalmente altas, es prácticamente nula.

El marco del rociador posee un cierto grado de elasticidad para poder brindar la energía positiva que soltará los dispositivos de operación con exactitud.

6.1.3. Diseño del Deflector.- Ensamblado en el marco del rociador está el deflector o distribuidor, en contra del cual se dirige el chorro de agua convirtiéndolo en rocío. El deflector se diseña para cubrir una determinada área.

La cantidad de agua que descarga un rociador depende de la presión del agua y del tamaño de orificio del rociador. Una presión de 7 psi se considera como la mínima requerida para una operación adecuada. A esta presión, un rociador que tenga un orificio de descarga de 1/2 in. descargará 15 GPM y a la misma presión un rociador con orificio de 17/32 in. descargará 21 GPM.

6.2. Grado de Temperatura para la Operación de los Rociadores Automáticos. - Los rociadores automáticos tienen varios grados de temperatura de operación basados en pruebas estandarizadas. La temperatura de operación de todos los rociadores se encuentra grabada sobre alguna parte de su cuerpo.

Los rociadores automáticos se llevan de uno a dos minutos para operar en un fuego ordinario, pudiéndose llevar mayor tiempo cuando se instalan en lugares donde el fuego se desarrolla lentamente.

La rapidéz con la que opera un rociador dependerá de las propiedades físicas del mecanismo termosensible. El tiempo dependerá, además de otros factores, como lo son la forma, tamaño y masa del mecanismo termosensible; así como del diferencial de temperatura entre el medio ambiente y la temperatura de operación del rociador. Algunos otros factores que afectan a la velocidad de operación son: el desarrollo del fuego, la altura del techo y la distancia que existe entre el rociador y el techo.

La tabla 6.2.1. nos muestra los rangos de temperatura de operación de los rociadores, así como su clasificación y su código de color.

La temperatura de operación de los rociadores se deberá de tomar en cuenta cuando se elige el rociador a utilizar para que no se encuentre muy cercana a la temperatura máxima ambiente. Donde exista duda de cuál pudiera ser la temperatura máxima ambiente, se deberá de utilizar un termómetro de lecturas máximas, el cuál mostrará la temperatura máxima que se puede esperar.

Cuando la temperatura máxima ambiente está muy cercana a la temperatura de operación de los rociadores, se debe--

rán instalar de preferencia rociadores que operen por medio de dispositivos frágiles y no de rociadores que operen por medio de dispositivos fusibles. Esto se debe a que, en los rociadores con dispositivos fusibles, la soldadura comienza a perder su rigidez algunos grados abajo de su punto de fusión. La operación prematura de un rociador con dispositivo fusible generalmente depende de la cantidad de calor en que la temperatura normal de un cuarto se excede, la duración de éste incremento en la temperatura y de la carga que soportan las partes que operan el rociador.

TEMPERATURA MAXIMA DEL TECHO	RANGO DE TEMPERATURA	CLASIFICACION DE LA TEMPERATURA	CODIGO DE COLOR*
°F	°F		
100	135 a 170	ORDINARIA	+ SIN COLOR
150	175 a 225	INTERMEDIA	BLANCO
225	250 a 300	ALTA	AZUL
300	325 a 375	MUY ALTA	ROJO
375	400 a 475	EXTRA ALTA	VERDE
475	500 a 575	ULTRA ALTA	NARANJA

* Solamente se pinta el marco del rociador.

+ Algunos fabricantes de rociadores de 135°F pintan los marcos de negro.

Tabla 6.2.1. Rangos de temperatura, clasificación y código de color.

6.3. Tipos de Rociadores.- Existe una gran variedad de rociadores, algunos se fabrican para ser instalados hacia arriba (posición vertical), otros hacia abajo y otros para ser instalados horizontalmente; siempre debiéndose instalar en la posición para la cual fueron diseñados. - También se fabrican rociadores para ser instalados en atmósferas corrosivas, en cuyo caso el rociador se cubre de algún elemento, generalmente cera, que tiene un punto de fusión un poco más bajo que el de operación del rociador. Donde por razones de decoración se requieran rociadores del tipo ornamental, éstos también se fabrican - - existiendo varios modelos para ello.

6.4. Localización y Espaciamiento de los Rociadores.- La idea fundamental de localizar y espaciar los rociadores en un edificio es la de asegurarse que no queden áreas - sin protección. No importa donde comience un incendio,

siempre deberá existir uno o más rociadores localizados en relación a ese punto en particular, que operarán y -- descargarán agua cuando el calor del fuego llegue a -- ellos. De ahí en adelante no deberá existir dirección -- alguna hacia donde se puede extender el incendio, sin -- que se encuentre con otros rociadores que puedan detener su progreso.

6.4. Protección Completa.- Es obvio, al menos en teoría, que es necesario instalar rociadores a través de todas -- las áreas del edificio para poder tener una completa pro -- tección de vidas y propiedades. No deberán quedar áreas sin protección. Es riesgoso el omitir rociadores en cual -- quier área, pensando que el riesgo no es el suficiente -- para justificarlos. Dichas omisiones son los eslabones débiles de cualquier protección completa.

6.4.2. Area y Límites de Espaciamiento.- La localización de los rociadores en una línea de tubería y la localiza -- ción de las líneas con respecto a otras, determinan el -- tamaño del área protegida por cada rociador. La NFPA -- marca las normas de áreas máximas de cobertura por rocia -- dor. Dependiendo esto principalmente, de la severidad -- del riesgo y en menor grado, del tipo de techo que se -- tenga.

La NFPA también marca las máximas distancia permisibles entre rociadores. Solamente se marcan cuáles deben ser los límites máximos y mínimos permitiendo así, toleran--

cias entre los diferentes tipos de edificios y de configuraciones de los techos. Pero el área máxima permisible no deberá ser excedida. Las normas permiten el uso de rociadores especiales para cubrir áreas mayores, cuando éstos hayan sido probados y aprobados para esta cobertura mayor. Por otro lado, los rociadores y las líneas de rociadores no deberán estar muy cerca. Si los rociadores tienen menos de seis pies de separación, se requiere de deflectores en los rociadores para evitar que un rociador que esté operando, evite o retrase la operación de los rociadores adyacentes.

6.4.3. Obstrucciones a la Distribución.- En relación con los límites de distancias máximas entre rociadores, se han establecido también ciertos límites de espacio libre entre los rociadores y los miembros estructurales, como son las vigas, trabes, viguetas, etc., para evitar así que la descarga de agua sea obstruída por ellos. Si un rociador se coloca demasiado cerca de una trabe, ésta desviará el patrón de descarga normal del agua, luego el área protegida por ese rociador se reduce considerablemente y el fuego tiene una mejor oportunidad para crecer más, causando la operación innecesaria de un mayor número de rociadores. La NFPA es explícita en sus normas sobre la distancia entre los rociadores y los miembros estructurales para evitar así la obstrucción en la distribución lateral del agua.

6.4.4. Distancia entre Rociadores y el Techo.- La dis--

tancia entre los rociadores y el techo es importante. En tre más cerca se coloque el rociador al techo, más rápido operará. Sin embargo (excepto en techos planos), al colocarlos muy cerca del techo será mayor la probabilidad de que surjan serias obstrucciones al agua por medio de los miembros estructurales. Por otro lado, cuando se tienen techos combustibles y los rociadores no están colocados a la distancia apropiada por debajo del techo, - existe la probabilidad de que el techo se encienda y el fuego se extienda considerablemente. Las normas de la - NFPA nos marcan las distancias máximas por debajo del te cho, para una variedad de tipos de construcción.

6.5. Tubería para los Rociadores. Las tuberías se deberán de planear e instalar de acuerdo a las normas de la NFPA Panfleto No. 13. Las líneas de tubería sobre las - cuales los rociadores están directamente colocados se de nominan "Ramales". La tubería que alimenta directamente a los ramales se denomina "Cabezal". La tubería que ali menta al cabezal se denomina "Alimentación Principal". Las tuberías verticales se denominan "Raisers".

Los diámetros utilizados en las tuberías se determinan ya sea por medio de tablas (sistemas tabulados) o sobre las bases del cálculo hidráulico.

Las tablas publicadas por la NFPA están basadas en exten- sivas pruebas realizadas y proveerán una protección con--

fiable y segura de los rociadores con una economía práctica en los costos de instalación y suministro de agua. Los sistemas diseñados por medio del cálculo hidráulico nos brindan una distribución de agua más uniforme, con una economía adicional ya que se pueden llegar a reducir los diámetros, teniendo la plena seguridad de que el sistema operará correctamente.

6.6. Suministro de Agua.- Se puede alimentar de agua a los sistemas de rociadores por medio de: tanques elevados, tanques hidroneumáticos y equipo de bombeo contra incendio.

6.6.1. Los tanques elevados tienen poco uso en México debido a que la capacidad de agua contra incendio es muy grande y se requieren tanques demasiado grandes con un costo muy elevado. Los tanques elevados deberán de tener la capacidad de proveer la presión suficiente al sistema para que éste pueda operar eficientemente.

Para determinar el tamaño del tanque y su elevación, se deberán de tener las siguientes consideraciones: el número de rociadores que se espera operarán, la duración de la operación, el arreglo de la tubería subterránea de alimentación, la provisión de hidrantes interiores y exteriores, así como de la conexión de bomberos.

Los tanques elevados de adecuada capacidad y elevación hacen una buena fuente primaria de suministro de agua.

6.6.2. Los equipos hidroneumáticos tienen varios usos importantes en la protección contra incendio, sin embargo una gran limitante es el bajo volumen de agua que puede almacenarse en dichos tanques.

En situaciones donde el volumen adecuado de agua puede ser suministrado por alguna fuente pública o privada, -- donde la presión no es la suficiente para hacer funcionar directamente a un sistema de rociadores, el tanque a presión dá una buena presión para que los primeros rociadores operen. El flujo de agua de él puede ser utilizado mientras las bombas contra incendio arrancan automáticamente para aumentar la presión del suministro en los edificios altos. Donde la presión de alimentación del agua pública es baja para poder brindar una operación efectiva de los rociadores más altos, los tanques hidroneumáticos se utilizan para alimentar dichos rociadores mien---tras los bomberos se conectan a la toma siamesa y sumi--nistran agua al sistema.

6.6.3. Bombas contra incendio.- Una bomba contra incendio que tenga una fuente de potencia confiable y un suministro de agua seguro, será siempre un equipo deseable. Con el advenimiento de los sistemas diseñados hidráulicamente, las bombas contra incendio se han venido usando -- en mayor cantidad debido a las ventajas hidráulicas de -- tener un suministro de agua a presión alta. Con suficiente agua, una bomba contra incendio es capaz de mantener -- una alta presión por un período de tiempo largo. Para dede

talles de fuentes de potencia, construcción de las bombas, instalación, métodos de control y operación se deberán de consultar las normas de la NFPA panfleto No. 20.

Se requiere del control automático para las bombas contra incendio cuando una alta demanda de agua pueda ocurrir inmediatamente, como lo es en los sistemas de diluvio, o cuando un operador competente no se encuentre presente todo el tiempo. Las bombas contra incendio deberán de tener una carga positiva de succión para evitar así los retrasos y la incertidumbre del cebado.

Bajo condiciones favorables (moderado valor de la propiedad y el riesgo, una fuente de poder confiable y un suministro de agua positivo y seguro) una bomba actuada por motor eléctrico, supervisada desde una estación central puede ser aceptable como fuente primaria de suministro para el sistema de rociadores. Una fuente secundaria -- puede ser otra bomba actuada por motor diesel la cual podrá suministrar agua al sistema en caso de falla del motor eléctrico o de una mayor demanda de agua.

Los equipos automáticos deberán de contar con un control de arranque automático y manual.

Los equipos de bombeo deberán de contar con una bomba de poca capacidad para mantener presurizados los sistemas y las tuberías de alimentación, evitando así los golpes de ariete de las bombas grandes.

6.7. Tipos de Sistemas de Rociadores.- Existen cinco -- clasificaciones mayores de sistemas de rociadores automá-- ticos. Cada tipo de sistema incluye la tubería para lle-- var el agua de la fuente de suministro a los rociadores localizados en el área protegida. Las cinco clasifica-- ciones mayores son:

1. Sistema Húmedo o de Tubería Mojada.
2. Sistema de Tubería Seca.
3. Sistema de Pre-Acción.
4. Sistema Combinado de Tubería Seca y Pre-Acción.
5. Sistema de Diluvio.

6.7.1. Sistemas Húmedos.- Este tipo de sistemas deben - su nombre a que las tuberías del sistema se encuentran - cargadas con agua a presión. Los sistemas se controlan por medio de una Válvula de Alarma instalada en el ali-- mentador principal. La válvula de alarma es una válvula check del tipo diferencial que evita el regreso de agua manteniendo el sistema a presión. Cuando se dispara un rociador, el agua fluye a través de él cayendo la pre--- sión en el sistema. Al caer la presión del sistema la - válvula de alarma se abre permitiendo el flujo de agua - al sistema. El flujo de agua mueve un motor hidráulico el cuál hace sonar una alarma del tipo campana. El he-- cho de que se abra la válvula no quiere decir que todos los rociadores operarán ya que el funcionamiento de cada rociador es muy independiente de los demás. Solamente ope-- rarán aquellos rociadores que lleguen a su temperatura -

de actuación.

Estos sistemas son los más utilizados en México ya que además de ser los más económicos, solamente se deben de instalar en lugares que no estén sujetos a temperaturas extremadamente bajas, ya que existe el riesgo de que el agua se congele en las tuberías inutilizando así el sistema. En caso de requerir utilizar un sistema de éste tipo en lugares extremosamente fríos, se le deberá de -- agregar un anticongelante a el agua del sistema.

6.7.2. Sistemas de Tubería Seca.- Estos sistemas son -- muy similares a los sistemas húmedos y deben su nombre a que la tubería del sistema se mantiene presurizada por -- medio de aire o algún gas, manteniendo así la válvula -- de alarma cerrada para impedir el paso del agua. Cuando se dispara algún rociador por la acción del calor, la pre -- sión de la tubería baja a tal grado que el agua en el -- otro lado de la válvula fuerza a ésta a que se abra. El -- agua comienza así a llenar las tuberías y a descargar a través de los rociadores que se encuentren abiertos por -- la acción del calor.

Las válvulas de alarma para sistemas secos, son válvulas check del tipo diferencias para que una moderada presión -- de aire o gas retenga una mucho mayor presión de agua. -- Un diferencial de 5 ó 6 a 1 es una práctica aceptable en el diseño de las válvulas. Es de uso común el mantener -- la presión del aire muy por arriba del punto de disparo.

Esta práctica es llevada para reducir así el riesgo de - que la válvula se abra por presiones anormales del agua, o por los golpes de ariete..

Las válvulas de alarma se deberán de instalar lo más cerca posible a el área que se está protegiendo. Esto se - debe a que la efectiva operación del sistema está en re- lación al tiempo que tarda el agua para llegar a los ro- ciadores.

De acuerdo a estadísticas, se abren más rociadores en -- los sistemas secos que en los húmedos. Esto nos demues- tra que el control del fuego lleva más tiempo en los sis- temas secos. Sin embargo éstos sistemas han demostrado dar buenos resultados y con un mantenimiento adecuado se puede confiar en la extinción satisfactoria de los incen- dios.

Estos sistemas se utilizan unicamente en aquellos luga-- res donde el frío es extremo y no se puede tener un ca- lentamiento adecuado de las áreas a proteger. Sin embargo, los sistemas secos se pueden convertir en sistemas - húmedos, cuando se provee a las áreas de calefacción.

6.7.3. Sistemas de Pre-Acción.- Estos sistemas son se-- cos y no llevan presión en las tuberías. La operación de la válvula es por medio de un sistema de detección indepen-- diente al sistema de rociadores. El sistema de detección puede ser a base de humo, calor, termoneumático, detecto- res de flama, etc. Cuando se inicia un incendio, el dis-

positivo detector manda una señal a un tablero de control, el cuál a su vez manda una señal a la válvula de alarma para que ésta se abra y permita que el agua fluya a la tubería del sistema aún antes de que se dispare algún rociador. Debido a esto, no hay demora en la descarga del agua cuando algún rociador se dispara.

Los sistemas de Pre-Acción tienen varias ventajas sobre los sistemas secos, a saber: 1) La válvula de alarma se abre con anticipación a la operación de los rociadores por lo que el tiempo de respuesta del sistema es más corto. 2) El sistema de detección hace sonar una alarma, por lo que se puede acudir a el área en problema aún antes de que operen los rociadores. De ésta manera se puede controlar el fuego aún en etapas más incipientes y los daños causados por el agua y el fuego serán menores.

6.7.4. Sistemas de Tubería Seca Combinada con Pre-Acción.

Como su nombre lo indica éstos sistemas cuentan con las características esenciales de ambos tipos de sistemas ya que las tuberías llevan aire o gas a presión y se cuenta con un sistema de detección independiente al sistema de rociadores. Cuando es detectado el fuego, un tablero de control dispara la válvula de alarma, así como también se abre una válvula de purga de aire localizada al final del alimentador principal. El aire o gas a presión escapa a través de la válvula de purga y las tuberías se llenan de agua. En este punto el sistema se convierte en un sistema húmedo y operará como tal. Si el sistema de detección llegara a fallar, el sistema opera-

ría como un sistema convencional de tubería seca.

La razón primordial de combinar los dos tipos de sistemas, es la de proveer un medio seguro para suministro de agua en aquellos sistemas que cubran áreas mayores a las permitidas por las normas de la NFPA para sistemas de tubería seca. Esto se logra conectando en paralelo a dos válvulas de alarma para sistema de tubería seca.

Estos sistemas originalmente se desarrollaron para la protección de los muelles, donde las tuberías de alimentación son muy largas y pudieran quedar expuestas al congelamiento del agua. Debido a que éstos sistemas son muy complicados y a la gran probabilidad de demora en la descarga del agua, solamente se deberán de instalar en aquellos lugares donde sea muy difícil de proteger del congelamiento, a las largas corridas de alimentación.

6.7.5. Sistemas de Diluvio. Estos sistemas se utilizan en áreas de riesgo extraordinario donde se manejan y/o almacenan líquidos inflamables o explosivos. Así como en aquellas áreas donde el fuego pudiera avanzar más rápidamente a la operación de los rociadores automáticos. También se pueden utilizar para protección de edificios por exposición al fuego.

Estos sistemas utilizan rociadores abiertos los cuales son idénticos a los rociadores automáticos pero sin tapón ni dispositivo de operación. Ya que los rociadores van abiertos, el agua fluye a través de todos los rociadores que componen a un sistema.

La operación del sistema es por medio de una válvula de diluvio la cuál es muy similar a las válvulas de alarma. Para que la válvula se abra automáticamente se requiere de un sistema de detección de incendio igual al utilizado en los sistemas de Pre-Acción. Cuando un detector -- abre la válvula, el agua fluye a través de las tuberías a todos los rociadores, inundando el área protegida.

Utilizando éste tipo de sistemas con sistemas de detección sensibles, es posible rociar de agua a un incendio con mayor rapidez y con una distribución de agua más amplia, que en los sistemas donde la operación depende del disparo de cada uno de los rociadores conforme avanza el fuego.

Rociadores abiertos y rociadores automáticos se pueden combinar, cuando no se requiera del diluvio de agua sobre toda el área protegida por un solo sistema.

6.8. Sistemas de Rocío Hidráulico.

El término rocío hidráulico se refiere al uso del agua - que tiene una determinada configuración, tamaño de las partículas, velocidad y densidad. Utilizando para ello boquillas de diseño especial.

No existe una línea divisoria exacta entre las boquillas de rocío hidráulico y los rociadores automáticos. La diferencia estriba únicamente en la forma particular del rocío y en las demás variables arriba indicadas.

Los sistemas de rocío hidráulico se utilizan con efecti-

vidad en: 1) La extinción de incendio; 2) El control de incendios; 3) La protección por exposición al fuego; 4) La prevención de incendios; ó cualquier combinación de los anteriores.

1) La extinción del fuego por medio del rocío hidráulico se logra por el enfriamiento, sofocamiento por el vapor producido, la emulsificación de algunos líquidos, la dilución en otros casos o por cualquier combinación de los anteriores.

2) El control del incendio se puede aplicar a los materiales en combustión no susceptibles a la extinción por medio del agua, con las consecuentes limitaciones de que el fuego se pueda extender.

3) La protección por exposición al fuego consiste en la aplicación del rocío de agua directamente sobre las estructuras o equipos expuestos al fuego con el fin de absorber el calor que se les transmitió.

4) La prevención de incendios es a veces posible cuando se utiliza el rocío hidráulico para disolver, diluir, dispersar o enfriar líquidos inflamables o combustibles.

Algunos de los equipos y materiales que se protegen con sistemas de rocío hidráulico son los siguientes:

Combustibles ordinarios como el papel, la madera y los textiles.

Instalaciones de equipos eléctricos como los transforma-

dores, interruptores en aceite y en máquinas rotativas - como lo son las turbinas.

En tanques de gas y líquidos inflamables, equipos de proceso, estructuras, así como la protección de aquellas instalaciones que pudieran quedar expuestas al fuego.

En el control del fuego de gases y líquidos inflamables, así como en la extinción de ciertos tipos de líquidos inflamables.

En camas de tuberías y charolas de cables eléctricos.

6.8.1. Diseño de los Sistemas de Rocío Hidráulico. Lo primero que se debe de determinar es la densidad de agua que se requiere para extinguir un incendio y/o la cantidad de agua que se requiere para absorber el calor esperado de la combustión o la exposición al fuego. Ya determinada la densidad, se procede a escoger el tipo de boquilla que dará la densidad a la velocidad adecuada para evitar que las corrientes de aire desvíen el rocío dirigido al equipo que se protege. Cada boquilla deberá tener el ángulo de descarga apropiado para cubrir el área que se va a proteger. Conjuntamente con la selección de las boquillas se deberá de determinar el espaciamiento y localización de las mismas para cubrir adecuadamente todas las áreas a proteger. El paso a seguir es el cálculo hidráulico para determinar los diámetros de las tuberías a utilizar.

Cuando se utilizan los sistemas de rocío hidráulico para

la protección de equipos eléctricos, como son los transformadores y los interruptores en aceite, se deberá de poner mucha atención en dejar espacios eléctricos libres seguros. Para ello se han desarrollado boquillas especiales que nos brindan una alta densidad de rocío que -- combinada con un buen alineamiento, sujeto a la mínima -- interferencia del viento, se logran sencillos arreglos -- de tuberías que no tienen que estar localizadas cerca de las partes energizadas.

C A P I T U L O VII

DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCION CONTRA INCENDIO
A BASE DE ROCIADORES AUTOMATICOS EN UN ALMACEN DE
PAPEL.

7.1. DEFINICION DEL PROBLEMA.- Diseñar un sistema de protección contra incendio a base de rociadores automáticos para un almacén de papel de acuerdo a las siguientes ca--racterfsticas (ver planos):

Area del Edificio:	4374 m ² (47064 ft ²)
Altura del Edificio:	Máx.= 6.40 m. (22.96 ft) Min.= 5.50 m. (18.08 ft)
Estructura del techo:	Tipo "Butler"
Distancia entre ejes:	9 x 18 m (27) = 4374 m ²
Almacenaje:	Hojas de papel en Cajas de cartón con altura máxima - de estiba = 4.00 m (13.12 ft)

7.2. CLASIFICACION DEL RIESGO. Según la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS) basados en la National Fire Protection Association (N.F.P.A.) panfleto 13, este tipo de almacenaje queda definido como riesgo ordinario, grupo -- III debido a que la cantidad y/o combustibilidad de lo contenido es alto y se esperan fuegos con un alto desprendimiento de calor (N.F.P.A. 13, 1-7.3.3).

7.3. BASES DE DISEÑO

Reglamentación:	AMIS, NFPA - 13
Riesgo:	Ordinario Grupo III
Tipo de Sistema:	Húmedo
Area máxima por	
Rociador:	130 ft ² (12.1 m ²)*
Densidad:	0.20 GPM/ft ² **
Area de Aplicación:	2000 ft ² **
Reserva para hidran	
tes:	70 GPM ***

* NFPA 13, 4-2.2.2

** NFPA 13 TABLA 2-2.1. (B) Curvas de densidad

***AMIS Art. 33 1a. parte, del reglamento y tarifas del ramo de incendio.

7.4. DISEÑO HIDRAULICO COMO SISTEMA ABIERTO. De acuerdo a los datos anteriores y observando el plano No. 7.1 - - (planta de conjunto), procedemos a localizar los rociadores basándonos en el siguiente criterio:

Definición: Llamaremos bahfa al área limitada por los - ejes de referencia marcados en el plano y que para este caso consideramos cualquier rectángulo formado por el -- cruce de ellos con área igual a $9 \times 18 \text{ m} = 162 \text{ m}^2 = 1743.12 \text{ ft}^2$.

Tomando en consideración lo especificado por la NFPA para la localización de rociadores y la limitación de área

máxima por rociador para el riesgo ordinario Grupo III de ducimos:

$$1743.12 \text{ ft}^2 \div 130 \text{ ft}^2 = 13.41 \text{ Rociadores.}$$

Teniendo en cuenta el tipo de construcción, determinamos que lo más conveniente en este caso es aumentar a 18 el número de rociadores, para poderlos tener más uniformemente repartidos tanto lateral como longitudinalmente.

De lo anterior:

$$\text{Area por rociador (actual)} = 1743.12 \text{ ft}^2 \div 18 = 96.84 \text{ ft}^2$$

Por el tipo de techo (dos aguas) la forma más conveniente de alimentar los rociadores es como se ilustra en el plano 7.2. Con este acomodo ofrecemos mayores ventajas desde el punto de vista instalación y mantenimiento. Por otro lado, se puede asegurar que se tendrá una mayor estabilidad mecánica de la tubería, ya que al estar ésta más cerca de las columnas, se tendrá un mejor soporte y al mismo tiempo siempre habrá de donde soportarla sin necesidad de cambiar la localización de los rociadores, esto considerando que los montenes del techo son un buen punto de apoyo.

La subida principal de alimentación se ha localizado teniendo en cuenta que debe de estar próxima a una columna. Esto se hace con motivo de darle una mayor protección contra la posibilidad de accidentes de tráfico en el edificio, que sea un menor estorbo para las áreas de almacena-

je y que se tenga una mayor oportunidad de sujeción. Se ha escogido en este caso el punto B-10 para lograr un mejor balanceo hidráulico para este particular arreglo, -- así como por su proximidad con la fuente de suministro de agua.

En el plano 7.1 se han localizado 4 hidrantes, que de acuerdo a la NFPA podrán ser conectados al sistema de rociadores siempre y cuando no sean mayores de $1\frac{1}{2}$ " \emptyset . En este caso los hidrantes deberán ser alimentados por tubería de 1" \emptyset , ya que se encuentran a una distancia menor a 20ft de la tubería a la que se conectarán (NFPA-13,3-8.6). Se puede observar en la plano No. 7.1 que con dichos hidrantes se cubre completamente el interior del edificio, tomando en cuenta que la longitud de la manguera es de 30 m. y por lo menos 5 m. la longitud del chorro.

La A.M.I.S. indica que cada hidrante deberá descargar como mínimo 35 GPM. Sin embargo, esto dependerá de la presión disponible en dicho punto. Para fines de cálculo, se estima una descarga constante e igual a 35 GPM para dichos puntos. Se ha demostrado experimentalmente que es más eficiente controlar un incendio con rociadores en el techo, que con hidrantes de mano, por lo que el uso de los hidrantes debe considerarse unicamente como un auxiliar al sistema de rociadores.

Dada el área por rociador y la densidad, determinamos el

gasto por rociador:

$$(96.84 \text{ ft}^2/\text{rociador}) (0.20 \text{ GPM}/\text{ft}^2) = 19.37 \text{ GPM}/\text{roc.}$$

Para un rociador con orificio de $\frac{1}{2}$ " ϕ y $K = 5.56$

Dado que

$$Q = K \sqrt{P}$$

Sustituyendo valores y despejando P:

$$P = \left(\frac{19.37}{5.56}\right)^2 = 12.1369 \text{ PSI}$$

Que es precisamente la presión mínima necesaria en cada rociador para poder suministrar la densidad requerida.

Localización del área remota:

Puesto que el área de diseño es de 2000 ft^2 tenemos que:

$$\frac{2000 \text{ ft}^2}{96.84 \text{ ft}^2/\text{roc}} = 20.65 \text{ rociadores} = 21$$

Según la NFPA 13, 7-4.3.1 estos deberán ser los contenidos en un rectángulo de 2000 ft^2 de área que además el lado paralelo a los ramales (L_1) cumpla con:

$$L_1 \geq 1.2 \sqrt{A}$$

Sustituyendo valores:

$$L_1 \geq 1.2 \sqrt{2000} = 53.66 \text{ ft} = 16.35 \text{ m.}$$

y como

$$A = L_1 \times L_2$$

Sustituyendo valores y despejando a L_2

$$L_2 = \frac{2000}{53.66} = 37.26 \text{ ft} = 11.36 \text{ m.}$$

Debido a que la distancia entre rociadores en el sentido paralelo a los ramales es de 3 m. observamos que:

$$16.35 \div 3 = 5.45$$

por lo que se deberán considerar 6 rociadores por ramal para efectos del cálculo hidráulico. Como éste diseño solamente cuenta con 3 rociadores por ramal, se tomarán únicamente los 3 rociadores. Como son 21 rociadores los que se deben de calcular, significa que debemos considerar 7 ramales de 3 rociadores para cubrir el área más remota, que será la que diseñaremos y calcularemos para obtener la presión determinada anteriormente en el rociador más alejado desde el punto de vista hidráulico.

En el plano 7.3 se muestra un diagrama del sistema donde se indica el área remota, así como los puntos hidráulicos a los cuales referiremos el cálculo.

Ya determinada la presión en el rociador más alejado y que debe ser:

$$P_1 = 12.14 \text{ PSI}$$

Deberemos aumentar a ésta las pérdidas de presión por fricción expresadas en PSI de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$P_f = \frac{4.52}{C^{1.85}} \times \frac{Q^{1.85}}{d^{4.87}}$$

En donde:

P_f = Resistencia a la fricción en psi

Q = Gasto en GPM

C = Coeficiente de pérdidas por fricción, que para tubería de acero es igual a 120

d = Diámetro interior de la tubería.

De lo anterior:

$$\text{Si } P_1 = 12.14 \text{ psi y } K = 5.56$$

Entonces:

$$Q = K \sqrt{P} = 5.56 \sqrt{12.14} = 19.4 \text{ GPM}$$

Dado que el gasto para ir del punto 2 al 1 recorrerá 9.9 ft y la diferencia en elevación de 2 a 1 es de + 1ft, se tendrá que la presión mínima en el punto 2 para poder tener P_1 en 1 será:

$$P_2 = P_{f2-1} + P_{E2-1} + P_1$$

Puesto que el diámetro de la tubería es de 1" \emptyset y la tubería es cédula 40, el diámetro interior será $d = 1.05"$. Reemplazando valores se tiene:

$$P_{f2-1} = \frac{(4.52) (19.4)^{1.85}}{(120)^{1.85} (1.05)^{4.87}} = 0.1224 \frac{\text{psi}}{\text{ft}}$$

Dado que de 2 a 1 se recorren 9.9 ft

Entonces:

$$P_{f_{2-1}} = (0.1224) (9.9) = 1.21 \text{ PSI}$$

Para la pérdida de presión por elevación se tiene que:

$$P_E = .433 (A_E) = \text{PSI}$$

Reemplazando:

$$P_{E_{2-1}} = (0.433) (1.00) = .43 \text{ PSI}$$

Entonces para el punto 2

$$P_2 = 12.14 + 1.21 + .43 = 13.78 \text{ PSI}$$

Como en 2 existe un rociador con $K = 5.56$

$$q = 5.56 \sqrt{13.78} = 20.6 \text{ GPM}$$

Que sumados a la descarga del punto 1 se obtiene

$$Q = 19.4 + 20.6 = 40.0 \text{ GPM.}$$

Que será el flujo de 3 a 2.

Repitiendo el procedimiento anterior hasta el punto 5 (base del niple de subida), determinamos para ese punto que:

$$P_5 = 18.55 \text{ PSI}$$

Con $Q = 61.8 \text{ GPM}$

En la hoja de cálculo 7.1 anexa se han descrito paso por paso estos valores (referirse a ella).

Dado que todos los ramales son iguales, determinamos un -

coeficiente de descarga para la base del niple de subida a cada ramal.

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}}$$

Sustituyendo valores

$$K_5 = \frac{61.9}{\sqrt{18.55}} = 14.37$$

De tal manera que para los siguientes ramales se podrá determinar la cantidad de agua que consumirán, únicamente conociendo la presión en ese punto, puesto que el coeficiente de descarga será constante para todos ellos.

Repitiendo los pasos anteriores y de acuerdo a un procedimiento similar determinamos las condiciones en la base de la subida principal que son:

$$\text{Presión} = 82.30 \text{ PSI}$$

$$\text{Con Flujo de} = 479.2 \text{ GPM}$$

A los cuales sólo habrá que añadir la demanda de agua para dos hidrantes que será de 70 GPM como se especifica al principio de este capítulo (bases de diseño). Para fines del cálculo, solamente se considera la cantidad de agua necesaria en la base de la subida principal (NFPA-13, 7-4.3.1.6), por lo tanto la demanda en dicho punto será de:

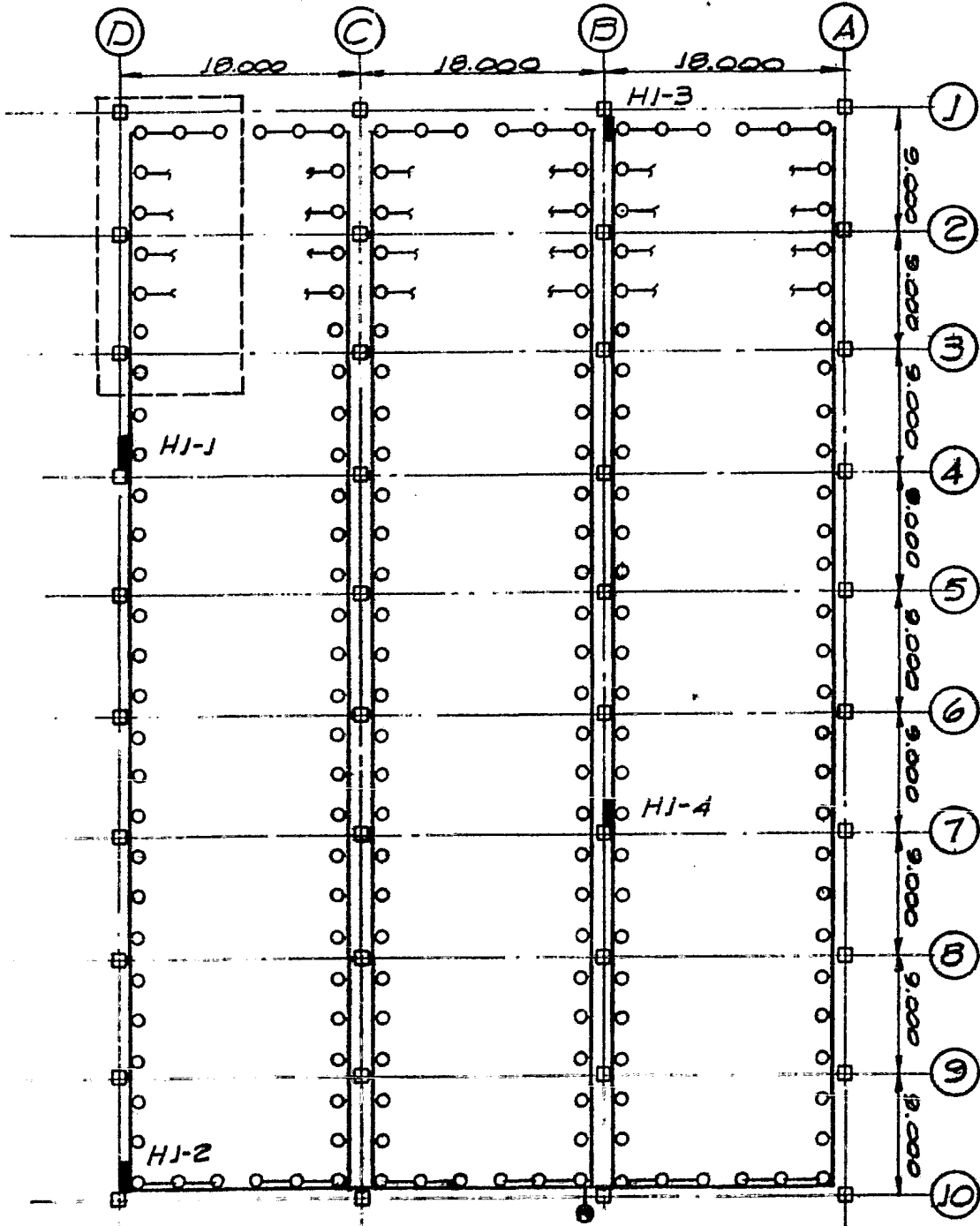
$$P = 82.30 \text{ PSI}$$

$$Q = 549.2 \text{ GPM}$$

NOTA: Los valores utilizados para las distancias equiva-

SKETCH DEL SISTEMA ABIERTO

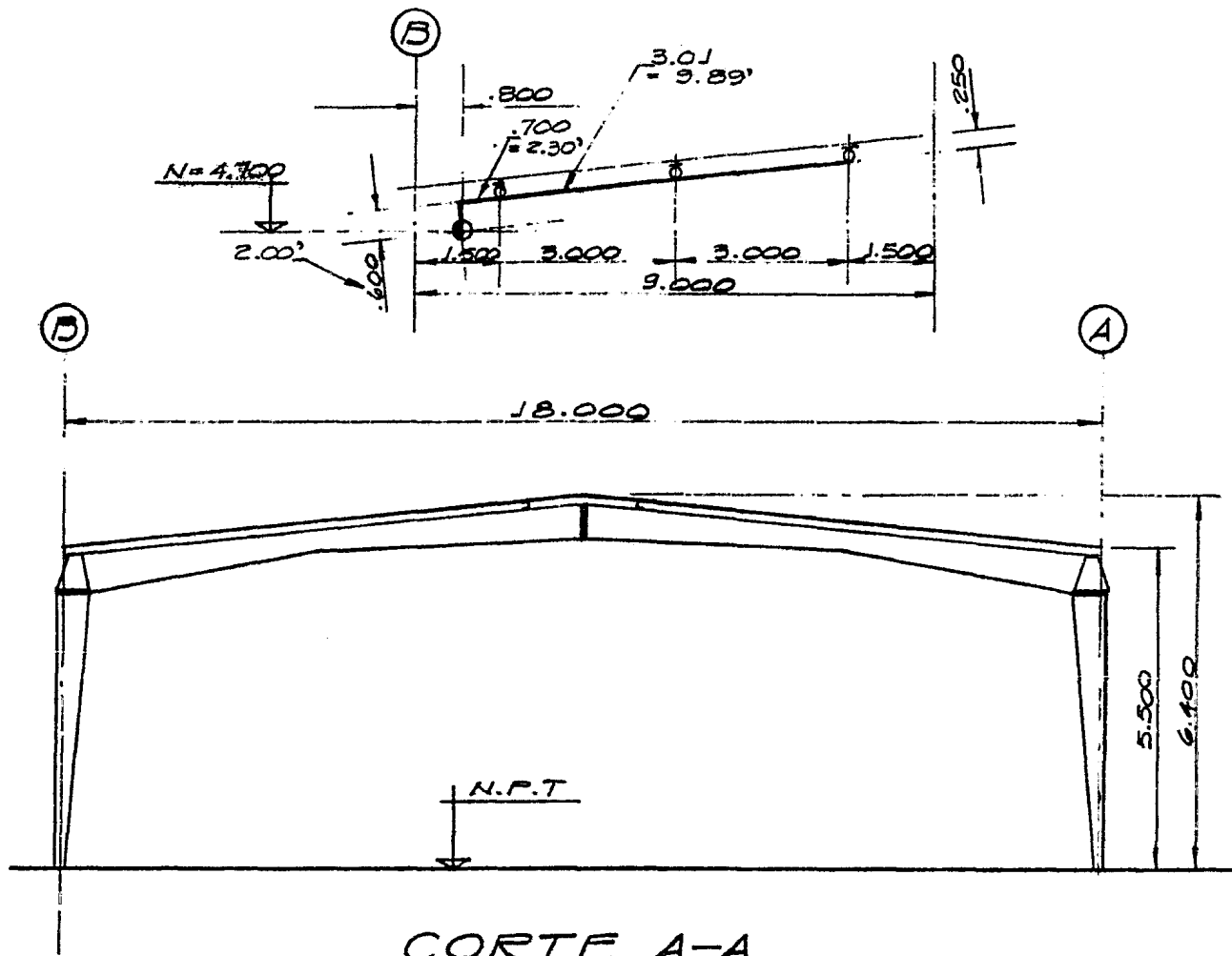
109



■ HIDRANTE 1/2" x 30 MTS.

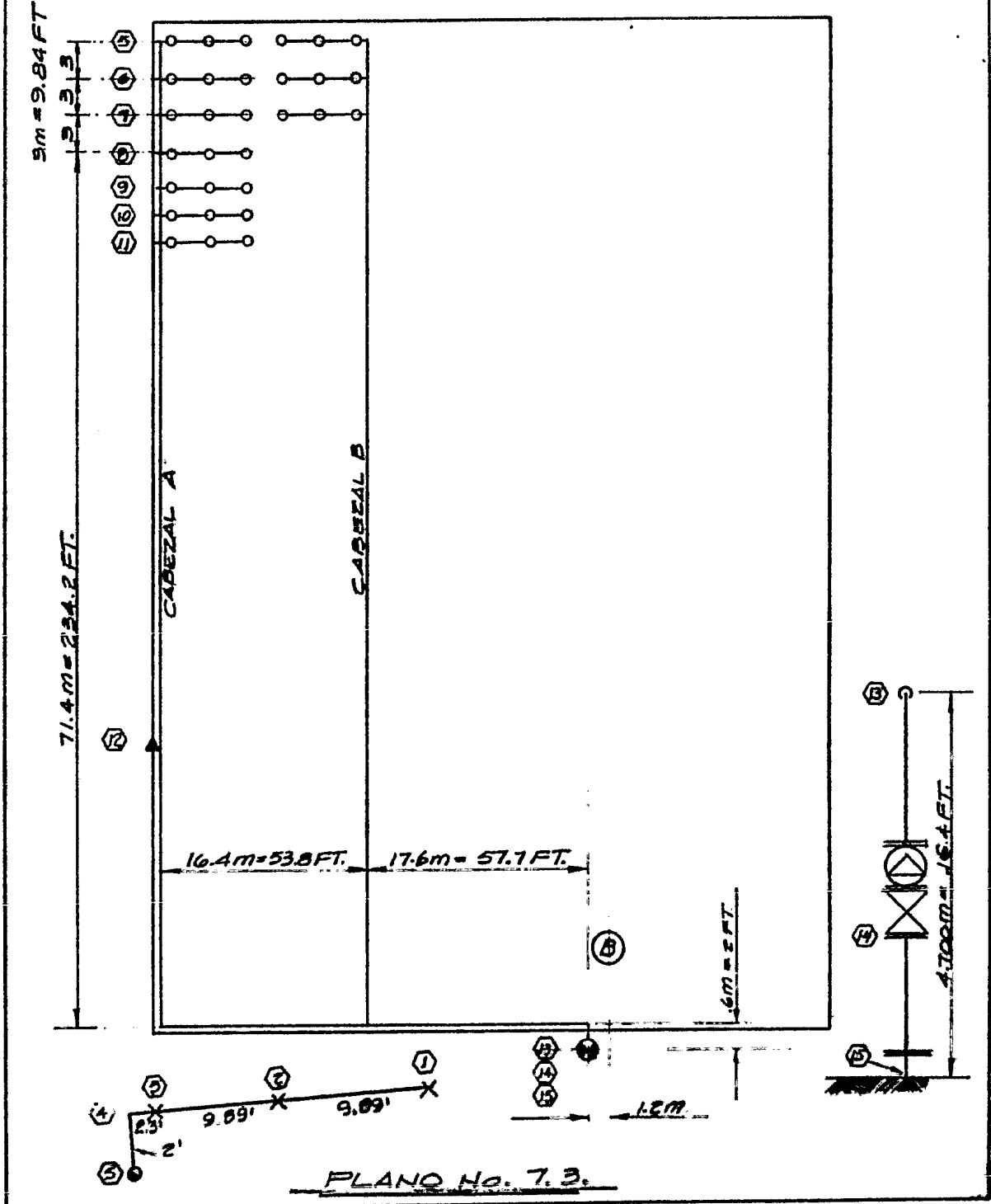
ESCALA: 1:400

PLANO No. 7.1.




CORTE A-A
PLANO No. 7.2.

DIAGRAMA DEL SISTEMA



PLANO No. 7.3.

DISEÑO DEL SISTEMA ABIERTO

K.	FLUJO EN G.P.M.	DIAM. DE TUB.	CONEXIONES Y VALVULAS	LONGITUD EQUIVALENTE.	PERDIDA POR FIC. PSI/FT	PRESION REQUERIDA PSI	PUNTO DE REF. 	ELEVACION FT	NOTAS.
5.56	Q	1.05		LGTH. 9.9	0.1224	PT12.14	1	19.7	1er. Rociador
	Q 19.4			FTG. 0.0		PF 1.21		PE 0.43	
5.56	Q 20.6	1.38		LGTH. 9.9	0.1234	PT13.78	2	18.7	2o. Rociador
	Q 40.0			FTG. 0.0		PF 1.22		PE 0.43	
5.56	Q 21.9	1.61	1B=4'	LGTH. 2.3	0.1306	PT15.43	3	17.7	3er. Rociador
	Q 61.9		FTG. 4.0	PF 0.82		PE 0.09			
0.00	Q 0.0	1.61	1T=8'	LGTH. 2.0	0.1306	PT16.34	4	17.5	Tope del nipple de subida.
	Q 61.9		FTG. 8.0	PF 1.31		PE 0.91			
14.37	Q 0.0			LGTH.		PT18.55	5	15.4	Base del nipple de subida 1er. Ramal
	Q 61.9			FTG.		PF		PE	
0.00	Q 0.0	1.61		LGTH. 9.9	0.1306	PT18.55	5	15.4	K ₅ = 14.37
	Q 61.9			FTG. 0.0		PF 1.29		PE 0.00	
14.37	Q 64.0	2.07		LGTH. 9.9	0.1429	PT19.84	6	15.4	2o. Ramal
	Q 125.9			FTG. 0.0		PF 1.42		PE 0.00	
14.37	Q 66.3	2.55		LGTH. 9.9	0.1132	PT21.26	7	15.4	3er. Ramal
	Q 192.2			FTG. 0.0		PF 1.12		PE 0.00	
14.37	Q 68.0	2.55		LGTH. 9.9	0.1982	PT22.38	8	15.4	4o. Ramal
	Q 260.2			FTG. 0.0		PF 1.97		PE 0.00	
14.37	Q 70.9	3.07		LGTH. 9.9	0.1254	PT24.35	9	15.4	5o. Ramal
	Q 331.1			FTG. 0.0		PF 1.25		PE 0.00	
14.37	Q 72.8	3.07		LGTH. 9.9	0.1811	PT25.60	10	15.4	6o. Ramal
	Q 403.9			FTG. 0.0		PF 1.80		PE 0.00	
14.37	Q 75.3	3.07		LGTH. 128.7	0.2485	PT27.40	11	15.4	7o. Ramal
	Q 479.2			FTG. 0.0		PF 32.00		PE 0.00	
0.00	Q 0.0	4.12	2E=20	LGTH. 195.4	0.0593	PT29.40	12	15.4	Tope del Alimentador Principal
	Q 479.2		IT=20	FTG. 40.0		PF 13.94		PE 0.00	
0.00	Q 0.0	4.12	1ALV=25	LGTH. 10.4	0.0593	PT33.34	13	15.4	Tope del Alimentador Principal
	Q 479.2		1GV=2.	FTG. 27.0		PF 2.22		PE 4.51	
0.00	Q 0.0	4.12		LGTH. 4.5	0.0593	PR0.07	14	5.0	Base del Alimentador Principal
	Q 479.2			FTG. 0.0		PF 0.27		PE 1.96	
0.00	Q 0.0			LGTH.		PT2.30	15	0.5	GASTO ADICIONAL PARA HIDRANTES INTERIORES.
	Q 479.2			FTG.		PF -		PE -	
0.00	Q 70.0			LGTH.		PT2.30	15	0.5	
	Q 549.2			FTG.		PF		PE	
						PT			

lentes de conexiones en las hojas de cálculo, así como -
 las abreviaturas son las especificadas por N.F.P.A. 13 -
 para tubería de acero con

$$C = 120$$

7.5. DISEÑO HIDRAULICO COMO SISTEMA CERRADO. En el plano 7.4A se ha repetido el arreglo general del sistema tal como se muestra en plano 7.4 indicando únicamente los ramales del área remota. En este diagrama se han unido todos los cabezales por un nuevo cabezal al que llamamos - secundario tal como se muestra en el plano.

Se han seleccionado diámetros menores en los cabezales - a los utilizados como sistema abierto, excepto los de -- las tuberías de los ramales que se han conservado igua-- les y por lo tanto se tendrá que:

$$K = 14.37 \text{ para todos los ramales}$$

$$Y \quad P = 18.55 \text{ psi}$$

en el ramal más alejado para poder cumplir con la densidad determinada para este riesgo, o sea, 0.20 GPM/ft², - lo anterior calculado en el inciso precedente (ver hojas de cálculo para el sistema abierto).

De donde para el ramal hidráulicamente más alejado se -- tendrá:

$$Q = K \sqrt{P} = 14.34 \sqrt{18.55} = 61.9 \text{ GPM}$$

dado que en este caso el sistema es cerrado, dicho flujo

llegará por dos lados.

Primeramente debemos determinar cual será el ramal más alejado y este será el punto de partida para determinar las pérdidas por fricción hasta la base de la subida principal.

Para el ramal más alejado se debe cumplir que la suma de pérdidas por fricción asumiendo el sentido de las manecillas del reloj como el recorrido por el agua hasta dicho ramal desde el punto de abastecimiento debe ser igual, o con una diferencia no mayor a 0.5 PSI, que la suma de dichas pérdidas en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.

Se debe cumplir además, que la suma de los flujos de cualquier nodo debe ser igual a 0 ± 0.5 GPM considerando positivos los flujos en el sentido de las manecillas del reloj y negativos los flujos en el sentido contrario. En el plano 7.4B se han marcado los sentidos positivos para los 5 circuitos cerrados que se han formado y dependerá del circuito que se considere el signo positivo o negativo del flujo. Por ejemplo, refiriéndonos al plano 7.4.C, si el flujo del cabezal B es positivo para cuando consideremos el circuito 4, será negativo si lo consideramos para el circuito 5.

Tomando en cuenta las distancias y los diámetros en ambos sentidos que recorrerá el agua para llegar al ramal más alejado con el objetivo de balancear la suma de pérdidas

de presión debidas a la fricción y basados en la expresión matemática.

$$P_f = \frac{4.52}{C^{1.85}} \frac{Q^{1.85}}{d^{4.87}}$$

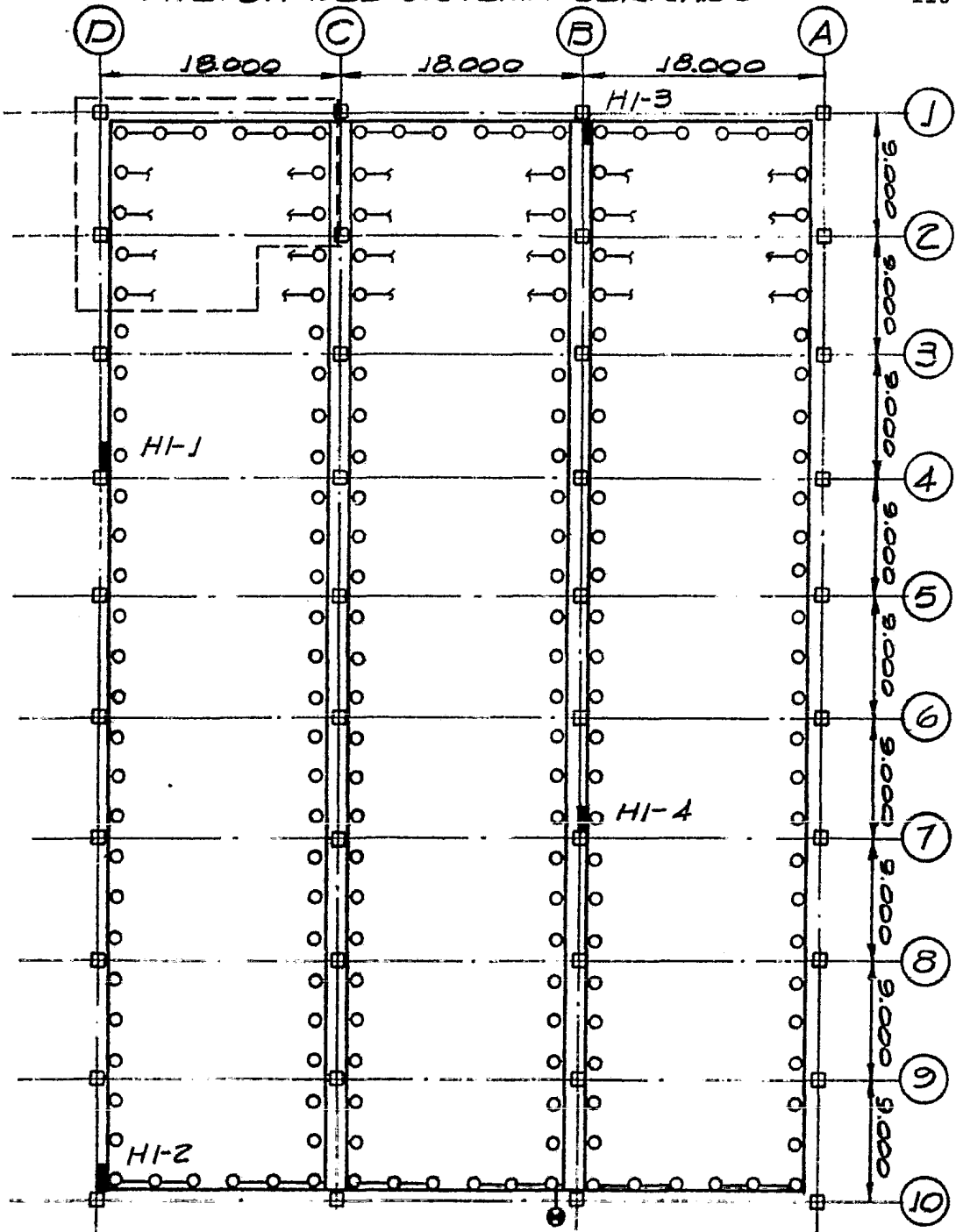
y después de varias iteraciones, podemos asumir como punto de partida que el punto 5 será el más alejado hidráulicamente y que el 7.0% del flujo llegará en el sentido de las manecillas del reloj (CW) y el restante 93.0% en el sentido contrario al de las manecillas del reloj - - (CCW).

En la práctica, este tipo de cálculo es muy laborioso debido al gran número de iteraciones necesarias para poder balancear el sistema dentro de los límites fijados, por lo que generalmente se recurre a las computadoras electrónicas para lograrlo.

En las hojas de cálculo siguientes mostramos el resultado del cálculo hidráulico por computadora.

SKETCH DEL SISTEMA CERRADO

116

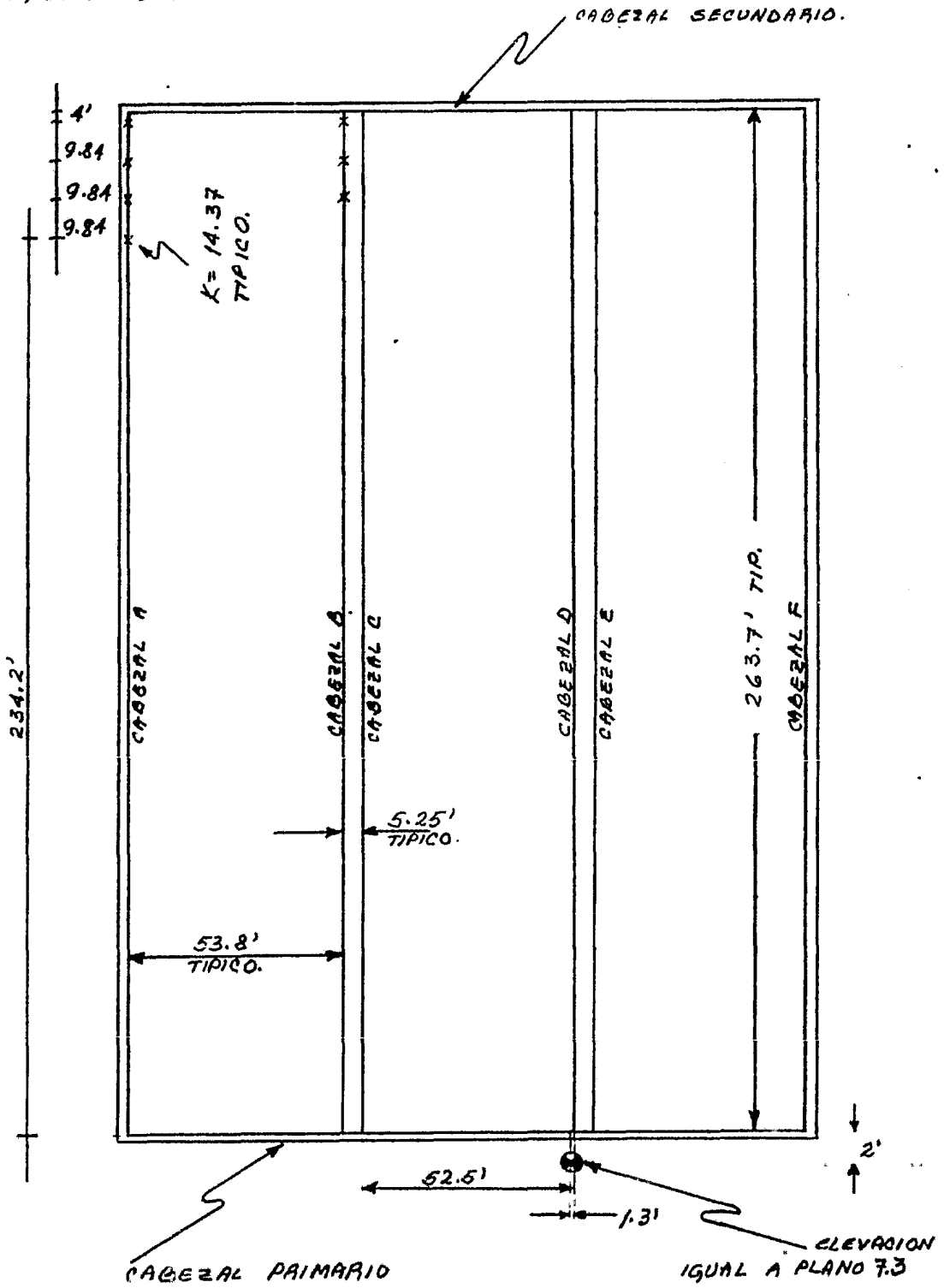


— HIDRANTE 1/2 x 30 MTs.

ESCALA: 1:400

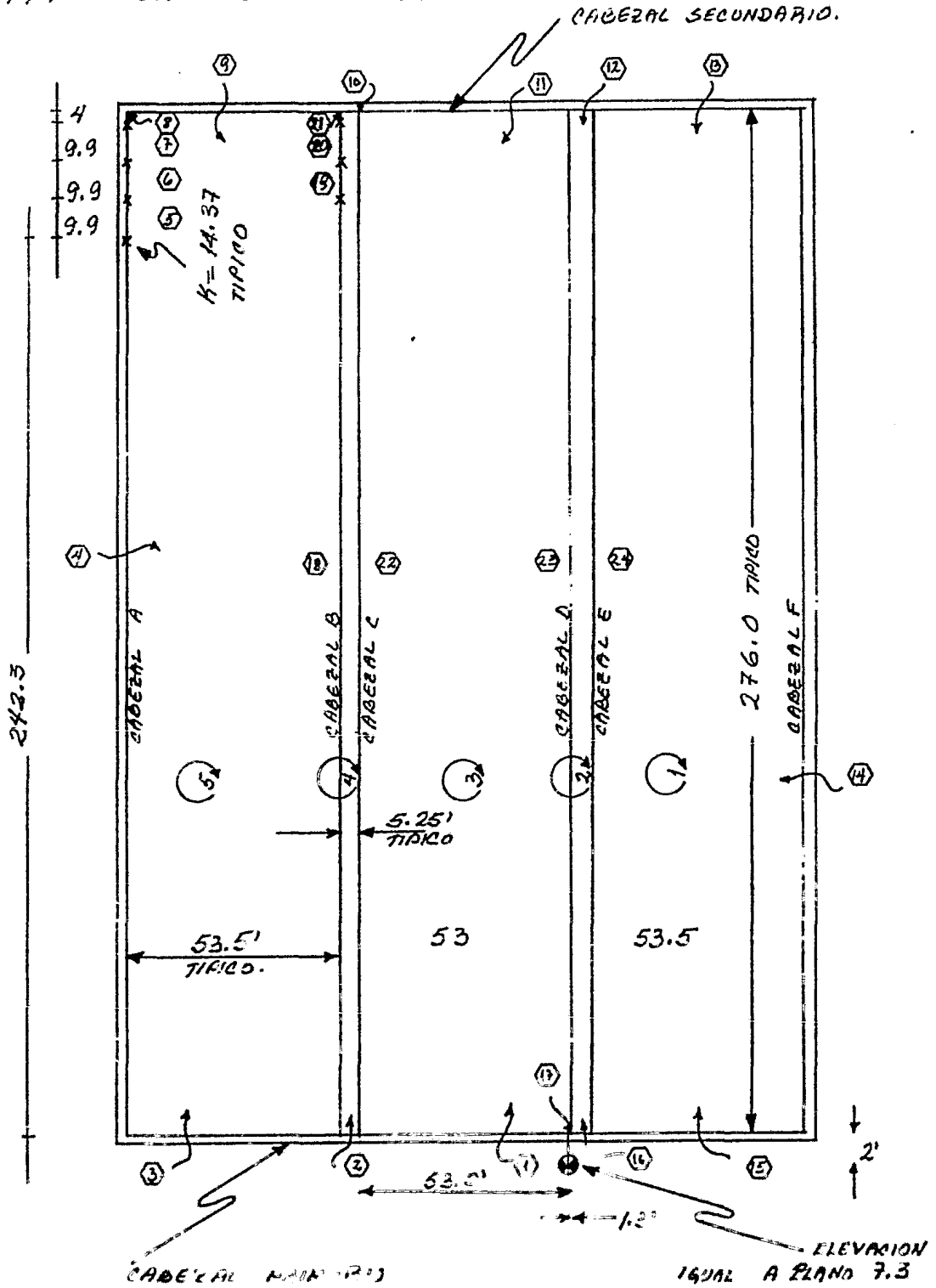
PLANO No. 7.4.

DIAGRAMA DEL SISTEMA CERRADO



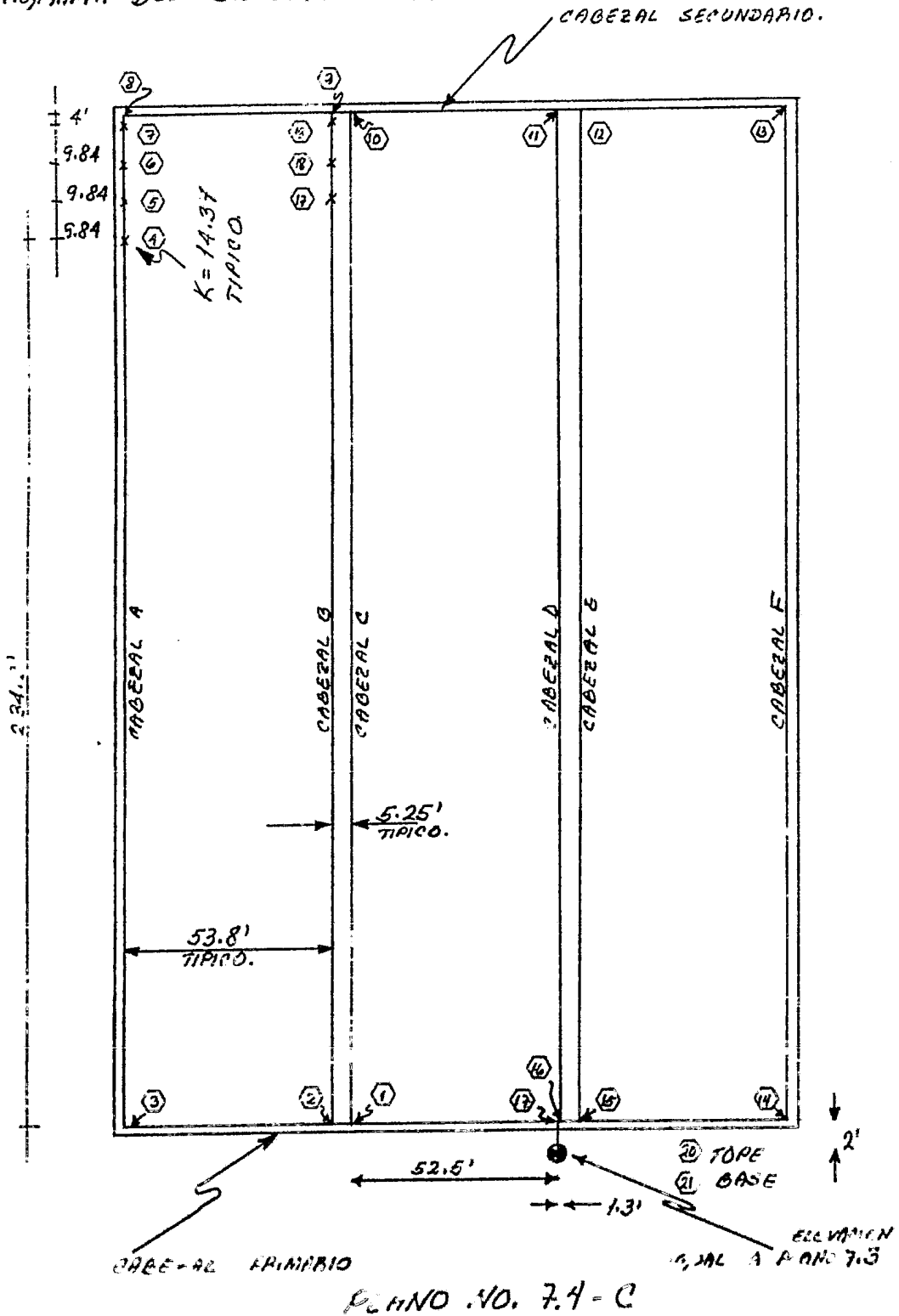
PLANO NO. 7.4-A

DIAGRAMA DEL SISTEMA CERRADO.



PLANO NO. 7.4-B

DIAGRAMA DEL SISTEMA CERRADO.



JOB NAME= ALMACEN PAPEL
 CONTRACT NO= Q/83001

DATE= 05/12/83
 SYSTEM NO=1

HYDRAULIC CALCULATIONS SUMMARY

RA LOC NO	TOTAL-DEMAND		BL NO	SP. HD. NO	SPLIT PRESS	NO. HDS DISC	PIPE-LENGTH		PRESSURE LOSS BREAKDOWN IN PSI	
	AT-F+S-PIECE FLOW						TO-1ST-RA-HD PCM SIDE	SCM SIDE		
1	80.74	550.3								
			1	5	18.55	4	242.3	4.0	SPLIT PRESSURE= 18.55 GRID = 48.17 1ST BULK PIPE = 2.50 2ND BULK PIPE = 2.60 RISER = 0.30 ELV.JNC TO F+S= 8.63 TOTAL DEMAND = 80.74	
			2	19	28.22	3	252.2	4.0		
----*----										
2	80.60	547.7								
			1	5	18.55	4	232.4	13.9		SPLIT PRESSURE= 18.55 GRID = 48.09 1ST BULK PIPE = 2.47 2ND BULK PIPE = 2.57 RISER = 0.30 ELV.JNC TO F+S= 8.63 TOTAL DEMAND = 80.60
			2	19	27.83	3	242.3	13.9		
----*----										
3	81.45	548.9								
			1	5	18.55	4	222.5	23.8	SPLIT PRESSURE= 18.55 GRID = 48.91 1ST BULK PIPE = 2.48 2ND BULK PIPE = 2.58 RISER = 0.30 ELV.JNC TO F+S= 8.63 TOTAL DEMAND = 81.45	
			2	19	27.83	3	232.4	23.8		
----*----										
4	81.80	548.9								
			1	5	18.55	4	212.6	33.7		SPLIT PRESSURE= 18.55 GRID = 49.26 1ST BULK PIPE = 2.48 2ND BULK PIPE = 2.58 RISER = 0.30 ELV.JNC TO F+S= 8.63 TOTAL DEMAND = 81.80
			2	19	27.83	3	222.5	33.7		
----*----										
5	82.10	549.0								
			1	5	18.55	4	202.7	43.6	SPLIT PRESSURE= 18.55 GRID = 49.56 1ST BULK PIPE = 2.48 2ND BULK PIPE = 2.58 RISER = 0.30 ELV.JNC TO F+S= 8.63 TOTAL DEMAND = 82.10	
			2	19	27.83	3	212.6	43.6		
----*----										

JOB NAME= ALMACEN PAPEL
 CONTRACT NO= Q/83001

DATE= 05/12/83
 SYSTEM NO=1

HYDRAULIC CALCULATIONS SUMMARY

RA LOC	TOTAL-DEMAND		BL NO	SP. HD. NO	SPLIT PRESS	NO. HDS DISC	PIPE-LENGTH		PRESSURE LOSS BREAKDOWN IN PSI
	AT-F+S-PIECE PRESS	FLOW					TO-1ST-RA-HD PCM SIDE	SCM SIDE	
6	82.24	548.8	1	5	18.55	4	192.8	53.5	SPLIT PRESSURE= 18.55 GRID = 49.70 1ST BULK PIPE = 2.48 2ND BULK PIPE = 2.58 RISER = 0.30 ELV.JNC TO F+S= 8.63 TOTAL DEMAND = 82.24
			2	19	27.83	3	202.7	53.5	
----*----									
7	82.40	548.9	1	5	18.55	4	182.9	63.4	SPLIT PRESSURE= 18.55 GRID = 49.86 1ST BULK PIPE = 2.48 2ND BULK PIPE = 2.58 RISER = 0.30 ELV.JNC TO F+S= 8.63 TOTAL DEMAND = 82.40
			2	19	27.83	3	192.8	63.4	
----*----									
8	82.39	548.7	1	5	18.55	4	173.0	73.3	SPLIT PRESSURE= 18.55 GRID = 49.86 1ST BULK PIPE = 2.48 2ND BULK PIPE = 2.58 RISER = 0.30 ELV.JNC TO F+S= 8.63 TOTAL DEMAND = 82.39
			2	19	27.83	3	182.9	73.3	
----*----									
9	82.29	548.2	1	6	18.55	4	163.1	83.2	SPLIT PRESSURE= 18.55 GRID = 49.77 1ST BULK PIPE = 2.48 2ND BULK PIPE = 2.57 RISER = 0.30 ELV.JNC TO F+S= 8.63 TOTAL DEMAND = 82.29
			2	19	27.72	3	173.0	83.2	

ACCURACIES OBTAINED

122

RA LOC NO	LOOP CLOSING (PSI)	JUNE.PRES. BALANCE (PSI)	DISCH. FLOW (GPM)
1	0.39	0.41	0.03
2	0.35	0.00	0.0
3	0.47	0.07	0.02
4	0.42	0.29	0.02
5	0.42	0.17	0.02
6	0.38	0.32	0.02
7	0.41	0.20	0.02
8	0.36	0.35	0.03
9	0.49	0.00	0.0

ENTER THE ID NUMBERS OF THE RA LOCATIONS FOR WHICH YOU WANT THE PRINTOUT(S) IF NONE PUSH RETURN.>7

DO YOU WANT THE RA NO- 7 CALCS PRINTOUT FOR (1)GEN. CALCS. OUTPUT,
(2)PERIMETER CALCS. (3)BL CALCS. (TYPE Y OR N FOR EACH.
IF ANY Y ADJUST PAPER BEFORE HITTING RETURN)>y y y

JOB NAME= ALMACEN PAPEL
 CONTRACT NO= 0/33001

DATE= 05/12/83
 SYSTEM NO=1

123

GENERAL HYDRAULIC CALCULATION OUTPUT
 FOR ALL PIPES IN THE SYSTEM
 (REM. AREA LOCATION NO= 7)

PIPE NO	DIA (INCH)	FITTINGS AND DEV	ACTUAL LEN (FT)	FIT EQ. LEN (FT)	TOT. EQ. LEN (FT)	ELEV. HEAD (FT)	PL NO	SL NO	FLOW (GPM)	FRIC LOSS (PSI) /FT)	FRIC LOSS (PSI)	VELOC (FPS)
1	2.55	1T	52.0	12.0	64.0	0.0	3	0	295.4	0.251	16.05	18.6
2	2.55		5.0	0.0	5.0	0.0	4	0	230.8	0.159	0.79	14.5
3	2.07		53.5	0.0	53.5	0.0	5	0	120.2	0.131	7.02	11.5
4	2.07	1E	182.9	5.0	187.9	0.0	5	0	120.2	0.131	24.65	11.5
5	2.07		9.9	0.0	9.9	0.0	5	0	57.8	0.034	0.34	5.5
6	2.07		9.9	0.0	9.9	0.0	5	0	-4.1	0.000	0.00	0.4
7	2.07		9.9	0.0	9.9	0.0	5	0	-66.0	0.043	0.43	6.3
8	2.07	1E	63.4	5.0	68.4	0.0	5	0	-128.6	0.149	10.17	12.3
9	2.07		53.5	0.0	53.5	0.0	5	0	-128.6	0.149	7.96	12.3
10	2.07		5.0	0.0	5.0	0.0	4	0	-245.9	0.493	2.46	23.4
11	2.07		53.0	0.0	53.0	0.0	3	0	-181.3	0.281	14.87	17.3
12	2.07		5.0	0.0	5.0	0.0	2	0	-116.8	0.124	0.62	11.1
13	2.07	1E	53.5	5.0	58.5	0.0	1	0	-54.0	0.030	1.75	5.2
14	2.07	1E	276.0	5.0	281.0	0.0	1	0	-54.0	0.030	8.40	5.2
15	2.07		53.5	0.0	53.5	0.0	1	0	-54.0	0.030	1.60	5.2
16	2.55		5.0	0.0	5.0	0.0	2	0	-116.8	0.045	0.23	7.3
17	2.55	1T	1.5	12.0	13.5	0.0	3	0	-181.3	0.102	1.37	11.4
18	2.07	1T	192.8	10.0	202.8	0.0	4	5	110.6	0.112	22.80	10.5
19	2.07		9.9	0.0	9.9	0.0	4	5	34.6	0.013	0.13	3.3
20	2.07		9.9	0.0	9.9	0.0	4	5	-41.2	0.018	0.18	3.9
21	2.07	1T	63.4	10.0	73.4	0.0	4	5	-117.2	0.125	9.19	11.2
22	2.07	2T	276.0	20.0	296.0	0.0	3	4	64.6	0.042	12.31	6.2
23	2.07	2T	276.0	20.0	296.0	0.0	2	3	64.5	0.041	12.26	6.1
24	2.07	2T	276.0	20.0	296.0	0.0	1	2	62.8	0.039	11.68	6.0
25	3.07	1E	3.0	7.0	10.0	15.4			478.9	0.248	2.48	20.8
26	3.07		10.4	0.0	10.4	4.5			478.9	0.248	2.58	20.8
27	4.03		4.5	0.0	4.5	0.0			478.9	0.066	0.30	12.0

JOB NAME= ALMACEN PAPEL
 CONTRACT NO= 0/83001

DATE= 05/12/83
 SYSTEM NO=1

SPRINKLER SYSTEM HYDRAULIC FLOW CALCULATIONS
 FOR PIPES IN PERIMETER
 (REM. AREA LOCATION NO= 7)

PIPE NO	FLOW (GPM)	DIA (INCH)	FITTING AND DEV	EQ	LEN (FT)	FR LOSS (PSI/FT)	PRES. (PSI)	HYD REF	NOTES
COUNTERCLOCKWISE									
				L	9.9		PT 18.55	5	SPLIT POINT
				F	0.0		PE 0.0		
5	Q	57.8	2.07	T	9.9	0.03385	PF 0.34		
	QD	62.4		L	182.9		PT 18.89	4	
				F	5.0		PE 0.0		
			1E	T	187.9	0.13119	PF 24.65		
4	Q	120.2	2.07	L	53.5		PT 43.54	3	
	QD	0.3		F	0.0		PE 0.0		
				T	53.5	0.13119	PF 7.02		
3	Q	121.2	2.07	L	5.0		PT 50.56	2	PCM-BL 2 JCT
	QD	110.6		F	0.0		PE 0.0		
				T	5.0	0.15884	PF 0.79		
2	Q	230.8	2.55	L	52.0		PT 51.35	1	
	QD	64.6		F	12.0		PE 0.0		
			1T	T	64.0	0.25071	PF 16.05		
1	Q	295.4	2.55				PT 67.39	17	BULK JCT

JOB NAME= ALMACEN PAPEL
 CONTRACT NO= 0/83001

DATE= 05/12/83
 SYSTEM NO=1

SPRINKLER SYSTEM HYDRAULIC FLOW CALCULATIONS
 FOR PIPES IN PERIMETER
 (REM. AREA LOCATION NO= 7)

PIPE NO	FLOW (GPM)	DIA (INCH)	FITTING AND DEV	EQ LEN (FT)	FR LOSS (PSI/FT)	PRES. (PSI)	HYD REF	NOTES
CLOCKWISE								
				L 9.9		PT 18.55	5	SPLIT POINT
				F 0.0		PE 0.0		
6	0	-4.1	2.07	T 9.9	0.00025	PF 0.00		
	00	-61.9		L 9.9		PT 18.55	6	
				F 0.0		PE 0.0		
7	0	-66.0	2.07	T 9.9	0.04326	PF 0.43		
	00	-62.7		L 63.4		PT 18.98	7	
			1E	F 5.0		PE 0.0		
8	0	-128.6	2.07	T 68.4	0.14873	PF 10.17		
	00	0.0		L 53.5		PT 29.15	8	
				F 0.0		PE 0.0		
9	0	-128.6	2.07	T 53.5	0.14873	PF 7.96		
	00	-117.2		L 5.0		PT 37.11	9	SCM-BL 2 JCT
				F 0.0		PE 0.0		
10	0	-245.9	2.07	T 5.0	0.49298	PF 2.46		
	00	64.6		L 53.0		PT 39.58	10	
				F 0.0		PE 0.0		
11	0	-181.3	2.07	T 53.0	0.28053	PF 14.87		
	00	64.5		L 5.0		PT 54.44	11	
				F 0.0		PE 0.0		
12	0	-116.8	2.07	T 5.0	0.12446	PF 0.62		
	00	62.8		L 53.5		PT 55.07	12	
			1E	F 5.0		PE 0.0		
13	0	-54.0	2.07	T 58.5	0.02989	PF 1.75		
	00	0.0		L 276.0		PT 56.81	13	
			1E	F 5.0		PE 0.0		
14	0	-54.0	2.07	T 281.0	0.02989	PF 8.40		
	00	0.0		L 53.5		PT 65.21	14	
				F 0.0		PE 0.0		
15	0	-54.0	2.07	T 53.5	0.02989	PF 1.60		
	00	-62.8		L 5.0		PT 66.81	15	
				F 0.0		PE 0.0		
16	0	-116.8	2.55	T 5.0	0.04508	PF 0.23		
	00	-64.5		L 1.5		PT 67.04	16	
			1E	F 12.0		PE 0.0		
17	0	-181.3	2.55	T 13.5	0.10160	PF 1.37		
						PT 68.41	17	BULK JCT

JOB NAME= ALMACEN PAPEL
 CONTRACT NO= Q/83001

DATE= 05/12/83
 SYSTEM NO=1

126

SPRINKLER SYSTEM HYDRAULIC FLOW CALCULATIONS
 FOR PIPES IN PERIMETER
 (REM. AREA LOCATION NO= 7)
 (CONTINUES FROM PREVIOUS SHEET.)

			L	3.0		PT	68.41	JUNCTION OF PRESS.
		1E	F	7.0		PE	6.68	(EL= 15.4 FT)
25	@	478.9	3.07	T	10.0	0.24816	PF	2.48
			L	10.4		PT	77.57	
			F	0.0		PE	1.95	(EL= 4.5 FT)
26	@	478.9	3.07	T	10.4	0.24816	PF	2.58
			L	4.5		PT	82.10	
			F	0.0		PE	0.0	
27	@	478.9	4.03	T	4.5	0.06596	PF	0.30
HOSE=				70.0				
TOTAL PSI REQUIRED AT FLANGE AND SPIGOT . . .					82.40			
PIECE WITH				548.9	GPM FLOWING			

JOB NAME= ALMACEN PAPEL
 CONTRACT NO= Q/83001

DATE= 05/12/83
 SYSTEM NO=1

127

HYDRAULIC CALCLLATIONS FOR REM. AREA BRANCH LINES

(REM. AREA LOCATION NO= 7)
 BRANCH LINE NO. 1 CALCULATIONS

(MOST REMOTE BRANCH LINE)

PIPE NO	FLOW (GPM)	DIA (INCH)	FITTING AND DEV	E@ LEN (FT)	FR LOSS (PSI/FT)	PRES. (PSI)	HYD REF	NOTES
COUNTERCLOCKWISE								
				L	0.0	PT 18.55	5	SPLIT POINT
SUBCHK PLEN(D)				F	0.0	PE 0.0		
5	@ 57.8	2.07		T	9.9 0.03385	PF 0.34		
	QD 62.4=14.37XSQ(18.89)			L	182.9	PT 18.89	4	
			1E	F	5.0	PE 0.0		
4	@ 120.2	2.07		T	187.9 0.13119	PF 24.65		
						PT 43.54	3	BL 1-PCM JCT
CLOCKWISE								
				L	53.5	PT 18.55	5	SPLIT POINT
				F	0.0	PE 0.0		
6	@ 4.1	2.07		T	9.9 0.00025	PF 0.00		
	QD 61.9=14.37XSQ(18.55)			L	9.9	PT 18.55	6	
				F	0.0	PE 0.0		
7	@ 66.0	2.07		T	9.9 0.04326	PF 0.43		
	QD 62.7=14.37XSQ(18.98)			L	63.4	PT 18.98	7	
			1E	F	5.0	PE 0.0		
8	@ 128.6	2.07		T	68.4 0.14873	PF 10.17		
						PT 29.15	8	BL 1-SCM JCT

JOB NAME= ALMACEN PAPEL
 CONTRACT NO= Q/83001

DATE= 05/12/83
 SYSTEM NO=1

128

BRANCH LINE NO. 2 CALCULATIONS

(RA LOC. NO= 7)

PIPE NO	FLOW (GPM)	DIA (INCH)	FITTING AND DEV	EQ LEN (FT)	FR LOSS (PSI/FT)	PRES. (PSI)	HYD REF	NOTES
COUNTERCLOCKWISE								
				L 53.5		PT 27.83	19	SPLIT POINT
				F 0.0		PE 0.0		
19	Q 34.6	2.07		T 9.9	0.01313	PF 0.13		
	QD 76.0=14.37X80		(27.96)	L 192.8		PT 27.96	18	
			1T	F 10.0		PE 0.0		
18	Q 110.6	2.07		T 202.8	0.11244	PF 22.80		
						PT 50.76	2	BL 2-PCM JCT
						PT 50.56	2	PCM-BL 2 JCT
								(FROM SHEET-)
								(BAL. ACCY=50.56-50.76=-0.20)
CLOCKWISE								
				L 53.5		PT 27.83	19	SPLIT POINT
				F 0.0		PE 0.0		
20	Q 41.2	2.07		T 9.9	0.01067	PF 0.18		
	QD 76.1=14.37X80		(28.00)	L 63.4		PT 28.00	20	
			1T	F 10.0		PE 0.0		
21	Q 117.2	2.07		T 73.4	0.12524	PF 9.19		
						PT 37.20	9	BL 2-SCM JCT
						PT 37.11	9	SCM-BL 2 JCT
								(FROM SHEET-
								(BAL. ACCY=37.11-37.20=-0.09)

7.6. SUMINISTRO DE AGUA. Suponiendo que el sistema del almacén de papel fuera el sistema que requiriera la mayor demanda de agua de todos los sistemas en el área protegida por la misma fuente de suministro tenemos que:

Demanda del sistema de rociadores más hidrantes interiores	550 GPM
Demanda por hidrantes exteriores (ver NFPA 13, tabla 2-2.1 (B))	430 GPM
TOTAL	980 GPM

De lo anterior deducimos que se requiere una fuente de suministro de agua de 1000 GPM.

La presión que requiere el sistema de rociadores para operar correctamente es de 85 psi (6 Kg/cm^2) (ver hojas del cálculo hidráulico para sistema cerrado y abierto) y suponiendo que las pérdidas por fricción en la tubería de alimentación y/o equipos de suministro de agua fuese de 15 psi (1 Kg/cm^2), - tenemos que se requiere de un tanque elevado, tanque hidro - neumático y/o equipo de bombeo capaz de poder suministrar - 1000 GPM a 100 psi de presión en su descarga.

La A.M.I.S. y la N.F.P.A. 13, tabla 2-2.1 (B) indican que el suministro de agua deberá tener una duración de 120 minutos

por lo que la capacidad de la cisterna o tanque deberá ser de:

$$1000 \text{ GPM} \times 120 \text{ min.} = 120,000 \text{ Gal.} = 455 \text{ m}^3$$

7.7. ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS SOBRE LOS DOS DISEÑOS.

Si nos detenemos un poco a revisar los resultados de los cálculos hidráulicos de ambos diseños, podemos observar que para la misma presión disponible en la base del alimentador principal, se requiere utilizar diámetros mayores en el sistema abierto. Esto se debe a que se maneja el volumen de agua necesario a través de una sola tubería, mientras que en los sistemas cerrados el agua corre por las diferentes ramificaciones, lográndose así una mejor distribución del agua y una reducción en los diámetros de las tuberías ya que cada tubo maneja volúmenes de agua menores.

Los resultados del cálculo hidráulico nos muestran que para el sistema abierto se requiere utilizar tuberías de 1½" Ø, 2" Ø, 2½" Ø, 3" Ø y 4" Ø siendo los diámetros mayores los que predominan, mientras que para el sistema cerrado las corridas largas de tubería son de 2" Ø y 2½" Ø.

A continuación cubicaremos los materiales de los cabezales que se requieren en cada uno de los diseños. No hemos cubido los materiales que se requieren en las tuberías que alimentan a los rociadores ya que son exactamente los mismos para ambos diseños.

Sistema Abierto:

Tubería de acero cédula 40 ASTM-A120	
con costura de 1½" Ø	18m
Igual a la anterior pero de 2" Ø	18m
Igual a la anterior pero de 2½" Ø	36m
Igual a la anterior pero de 3" Ø	272m
Igual a la anterior pero de 4" Ø	200m
Tee recta de hierro maleable	
150 lb. vapor de 1½" Ø	6 pza
Igual a la anterior pero de 2" Ø	6 pza
Igual a la anterior pero de 2½" Ø	12 pza
Igual a la anterior pero de 3" Ø	90 pza
Igual a la anterior pero de 4" Ø	53 pza
Codo recto de hierro maleable	
150 lb. vapor de 4" Ø	3 pza
Reducción bushing de hierro	
maleable 150 lb. vapor de 2" Ø	12 pza
Igual a la anterior pero de 2½" Ø	18 pza
Igual a la anterior pero de 3" Ø	90 pza
Reducción campana de hierro maleable	
150 lb. vapor de 2½" Ø	6 pza
Igual a la anterior pero de 3" Ø	6 pza
Igual a la anterior pero de 4" Ø	6 pza
Juego de tuercas tornillos y empaques	
para unir bridas de 4" Ø	4 jgo
Bridas de acero forjado de 4" Ø	4 jgo

Válvulas de compuerta vástago saliente, cuerpo de hierro asiento de bronce de 4" Ø	1 pza
Válvula de alarma para sistema húmedo con accesorios	1 pza

El costo total de los materiales listados para el sistema
abierto es de \$ 994 381.00 M.N.

Sistema Cerrado:

Tubería de acero cédula 40 ASTM-A120 con costura de 2" Ø	589m
Igual a la anterior pero de 2½" Ø	20m
Igual a la anterior pero de 3" Ø	4.5m
Igual a la anterior pero de 4" Ø	1.5m
Tee recta de hierro maleable 150 lb. vapor de 2" Ø	166 pza
Igual a la anterior pero de 2½" Ø	4 pza
Igual a la anterior pero de 3" Ø	1 pza
Codo recto de hierro maleable 150 lb. vapor de 2" Ø	4 pza
Igual al anterior pero de 3" Ø	1 pza
Reducción bushing de hierro maleable 150 lb. vapor de 2" Ø	162 pza
Reducción campana de hierro maleable 150 lb. vapor de 2½" Ø	2 pza
Igual a la anterior pero de 3" Ø	2 pza

Juego de tuercas, tornillos y empaques para unir bridas de 4" Ø	4 pza
Bridas de acero forjado de 4" Ø	3 pza
Válvula de compuerta vástago saliente, cuerpo de hierro asiento de bronce de 4" Ø	1 pza
Válvula de alarma para sistema húmedo con accesorios	1 pza

El costo total de los materiales listados para el sistema cerrado es de: \$ 502 139.00 M.N.

La cantidad total de tubería a utilizar en el sistema cerrado es mayor que en el sistema abierto pero los diámetros utilizados son menores. Comparando los costos podemos observar que el costo solamente de materiales, sin incluir mano de obra, del sistema cerrado es el 50.5% del costo del sistema abierto.

CONCLUSIONES

La instalación de Sistemas Automáticos de Protección Contra Incendio tiene su origen en la creciente necesidad de proteger las vidas humanas, las propiedades o bienes y las fuentes de trabajo.

La gran ventaja que tienen los sistemas automáticos sobre los sistemas manuales es que no se requiere tener personal presente en el área donde se inicia el incendio para que el sistema opere. Esto trae como consecuencia el que un incendio sea detectado en su etapa inicial, que es precisamente cuando el control o extinción del mismo es más fácil, evitando así que el incendio se propague hasta el punto donde pueda llegar a ser incontrolable.

Los daños causados por el fuego y/o el medio extintor serán menores cuanto más rápido sea detectado el incendio y atacado de la forma más conveniente y eficiente, siendo esto último uno de los mayores problemas cuando se es atacado en forma manual con el consecuente riesgo de errores humanos causados por el miedo y la desesperación.

La Protección Contra Incendio se reduce a eliminar uno o más de los factores que la forman, a saber: Combustible, oxígeno, calor y en algunos casos la inhibición del proceso de reacciones en cadena de la combustión. Si bien hemos explicado el comportamiento de los principales agentes extintores y el uso de uno o más de ellos puede ser el adecuado para proteger un mismo riesgo, siempre existirá un medio

de extinción que nos brinde mayores ventajas sobre los -
otros. Por lo mismo y aunque la Protección Contra Incendi
dio es fácilmente comprensible, se requiere de gente ex-
perimentada que conozca las ventajas de cada uno de los
agentes extintores, así como los diferentes equipos que
se requieren para la protección de cada riesgo en parti-
cular.

Ahora bien, aunque el costo de instalar este tipo de sis-
temas es alto, nunca será mayor al de perder una vida hu-
mana.

Por otro lado, la instalación de Sistemas de Protección
Contra Incendio es una inversión que en la mayoría de --
los casos puede salvarnos de pérdidas irreparables.

BIBLIOGRAFIA

Fire Protection Handbook, fourteenth edition
National Fire Protection Association NFPA
Boston, Massachusetts.

Fire Protection Handbook fifteenth edition
National Fire Protection Association NFPA
Quincy, Ma. 02269

Installation of Sprinkler Systems 1980; NFPA 13
National Fire Protection Association, Inc.
Batterymarch Park, Quincy, Ma. 02269

Indoor General Storage 1979; NFPA 231
National Fire Protection Association, Inc.
Batterymarch Park, Quincy, Ma. 02269

Rack Storage of Materials 1980; NFPA 231 C
National Fire Protection Association, Inc.
Batterymarch Park, Quincy, Ma. 02269

Fire Behavior and Sprinklers
Norman J. Thompson
National Fire Protection Association

Reglamentos y Tarifa
Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros
Ramo de Incendio
Edición que contiene las enmiendas y adiciones
aprobadas hasta Abril de 1980.