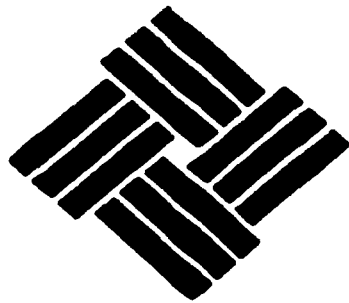


881217

2



**UNIVERSIDAD ANAHUAC**

ESCUELA DE INGENIERIA  
CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNAM

**ANALISIS DE INCENDIOS EN EDIFICIOS Y SU  
POSIBILIDAD DE CONTROL**

**TESIS PROFESIONAL**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Mecánico Electricista**

**P r e s e n t a :**  
**Antonio Enrique Badillo Policastro**

MEXICO, D. F.

**2002**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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.

A Mai quien supo brindar  
su apoyo y colaboración.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## INDICE

INTRODUCCION	1
1.CARACTERISTICAS Y COMPORTAMIENTO DEL FUEGO	3
1.1 Origen del fuego	4
1.2 Investigación científica	6
1.3 Ignición	8
1.4 Fuentes de energía calorífica de ignición	10
1.5 Combustión	18
1.6 Desarrollo de la combustión	19
1.7 Propagación de la combustión	21
1.8 Productos de la combustión	23
2.CARACTERISTICAS Y COMPORTAMIENTO DEL HUMO	26
2.1 Expansión de los gases	27
2.2 Efecto Chimenea	28
2.3 Teoría sobre el control del humo	32
3.PREVENCIÓN CONTRA INCENDIOS	43
3.1 Prevención en edificios de oficinas	44
3.2 Prevención de incendios en la industria	46
3.3 Prevención de incendios en edificios residenciales	49
3.4 Recomendaciones generales en la prevención de incendios	50
3.5 Factores responsables de la propagación del fuego en incendios	51

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

3.6 Factores que afectan la concentración de humo en un edificio	52
4.PREVENCIÓN DE LESIONES O MUERTES DEBIDAS AL FUEGO	56
4.1 Vías de escape	57
4.2 Iluminación de las salidas	59
4.3 Señalizaciones de las vías de escape	60
4.4 Posibilidad de escape	61
4.5 Cálculo del tiempo mínimo de evacuación	62
4.6 Análisis del tiempo de evacuación	67
5.MÉTODOS Y SISTEMAS PARA EL CONTROL Y EXTINCIÓN DE UN INCENDIO	69
5.1 Métodos para la extinción de incendios	69
5.2 Sistemas que emplean el método de extinción por enfriamiento	71
5.3 Sistemas automáticos de rociadores	74
5.4 Tipos de sistemas de rociadores	75
5.5 Tubería para rociadores	79
5.6 Control de humo	82
5.7 Tipos de detectores	83
6.SISTEMA GENERAL DE CONTROL	85
6.1 Componentes	85
6.2 Funcionamiento	87
6.3 Sistemas de compuertas	89
6.4 Sistema automático de control	90
6.5 Características de los sistemas escogidos	98

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

7.DISEÑO DEL SISTEMA PARA EL EDIFICIO DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD ANAHUAC	103
7.1 Características	104
7.2 Cálculo del tiempo de evacuación	106
7.3 Análisis del tiempo de evacuación	107
7.4 Diseño del sistema de rociadores	109
7.5 Tubería de suministro del sistema	119
7.6 Sistema de detección de humo	122
8.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	124
8.1 Conclusiones	124
8.2 Recomendaciones generales	127
SIMBOLOGIA	131
EQUIVALENCIAS UTILIZADAS	132
RELACION DE FIGURAS Y TABLAS	133
BIBLIOGRAFIA	137

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## INTRODUCCION

En los últimos años se han venido construyendo edificios con más de quince pisos debido a las necesidades de crear más viviendas, más oficinas, industrias, etc.

Estos edificios contienen gran cantidad de material inflamable como muebles de madera, papeles, alfombras y objetos fabricados con materiales sintéticos. Todos estos materiales al quemarse producen gran cantidad de gases tóxicos y humo; éstos se propagan del lugar incendiado al resto del edificio en pocos momentos.

La propagación de gases y humo trae como consecuencia el natural temor de las personas que se encuentran dentro del edificio, quienes buscarán las vías de escape más próximas. Pero, ¿están libres de humo las vías de escape?. Se ha comprobado que la mayoría de muertes en incendios se debe a la asfixia y otro tanto al pánico ante las llamas que les incita a arrojarse al vacío.

Cuando los edificios son altos, la propagación del humo puede ser tan rápida que en pocos minutos llega a invadir totalmente las vías de salida, ya que las cavidades de las escaleras y la de los elevadores actúan igual que un ducto de chimenea. Por ello es necesario realizar estudios que aclaren los orígenes, el comportamiento y las consecuencias de los incendios tratando así de minimizar los posibles riesgos, ya sea de vidas humanas o bienes materiales.

Con este trabajo se pretende aportar una contribución al mejor entendimiento de los fenómenos físicos que se lleguen a originar durante un incendio. También se ofrecerán soluciones al

problema planteado.

Para comenzar se hablará acerca de la naturaleza físico-química del fuego y del comportamiento del humo. Luego conoceremos las principales causas de incendio, para hablar sobre la prevención de éstas. A continuación se tratará sobre la prevención de lesiones y muertes durante un incendio. Además se realizará un análisis sobre el tiempo de evacuación y las vías de escape. Seguidamente se describirán los métodos y sistemas más usuales en la extinción y control de incendios.

En el Capítulo 6 será descrito el sistema general de control que se pretende realizar, y el cual se tratará de desarrollar en el edificio de la Biblioteca de la Universidad Anáhuac.

Por último, se harán conclusiones y se presentarán recomendaciones generales.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## CAPITULO 1

### CARACTERISTICAS Y COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

El hombre ha venido controlando y aprovechando el fuego desde la prehistoria, pero ese dominio y comprensión dista mucho de ser perfecto.

En la vida diaria de la comunidad es común el uso del fuego, tanto de una manera directa como para cocinar alimentos, y otra indirecta como lo es el uso de la energía eléctrica. Por esta razón, el uso del fuego en una comunidad que dependa fundamentalmente de la tecnología, será indispensable.

Por lo antes expuesto se puede hablar de un fuego controlado, es decir, se conocen las características principales del combustible y las condiciones del medio ambiente, por lo que se podrán obtener los resultados esperados de la combustión.

Pero si el fuego no puede ser controlado, ocurren lamentables accidentes que sólo dejan rastros desoladores debido a las pérdidas humanas y materiales. Generalmente, las pérdidas económicas ocasionadas por el fuego tienden a rebajar el nivel de vida de las personas afectadas.

Aunque los conocimientos que tiene el hombre sobre el fuego sean imperfectos, cada día se van obteniendo nuevos avances que ayudan a comprender fenómenos ocasionados por el fuego o cual fué la causa para que se iniciara la ignición.

Gracias a estas investigaciones se han venido desarrollando tecnologías con el fin de evitar que se inicie un incendio y de ser así, tratar de controlarlo lo más rápido posible.

Quizás el principal problema que existe en la actualidad para controlar el fuego son las personas, ya que no consideran al fuego una grave amenaza personal. Otras que aunque saben el peligro existente son incapaces de controlarlo y así tomar las medidas necesarias y reducirlo al mínimo posible. Además hay quienes piensan en un incendio de una manera muy remota, y unas que lo aceptan como un riesgo calculado.

La aplicación de la tecnología en la protección contra incendios a la salvaguarda de vidas y bienes materiales, exige gastos y siempre cuesta gastar el dinero dedicado a la seguridad. Muy a menudo parece más atractivo tomar un riesgo calculado con un incendio, que invertir fondos en instalaciones de protección.

Para conseguir la provisión mínima de medios defensivos que aseguren la protección requerida por la comunidad, es necesario aplicar normas y en algunos casos hasta leyes correspondientes no solo a pérdidas materiales, sino por las pérdidas humanas que no se pueden reponer con un seguro o una indemnización a terceros.

### 1.1 ORIGEN DEL FUEGO

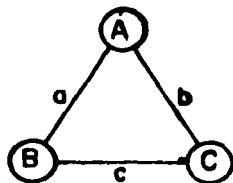
Si el hombre desea dominar el fuego, es necesario entenderlo desde el comienzo hasta la combustión en forma de llamas, y aún más allá, si queremos dominar su naturaleza destructiva.

Para que un fuego se inicie es necesaria la combinación de tres elementos básicos simultáneamente.

Los elementos básicos son: el combustible, el aire (oxígeno) y el calor. Sin embargo, si entre estos elementos no existe trans-

ferencia de calor o de masa, el fuego no puede iniciarse.

En la Figura 1-1 se observan los tres elementos encerrados dentro de círculos y unidos entre sí por líneas que representan los procesos de transferencia, tanto de masa como de calor. Solo hace falta separar un elemento o eliminar alguna de las líneas para apagar el fuego.



**FIGURA 1-1**

A = combustible

B = aire (oxígeno)

C = calor

a, b, c = líneas de transferencia  
de calor o de masa

Hoy día se encuentran en oficinas, casas, depósitos, etc., gran cantidad de materiales combustibles como papel, plásticos, madera, carbón, etc. Por esta razón, cualquiera de ellos puede ser el primer elemento (combustible) del triángulo; el aire el segundo y sólo falta un agente externo que eleve la temperatura para que comience de inmediato, una transferencia de calor y de masa. Al cerrarse el triángulo del fuego, comenzará una ignición la cual se reproducirá rápidamente al conseguir otros materiales combustibles.

Aunque en la actualidad existen gran cantidad de conocimientos técnicos relativos a la ignición, inflamabilidad y propagación de las llamas, es difícil hacer predicciones válidas sobre

la probabilidad de iniciación de un incendio o de las consecuencias de tal iniciación. La mayoría de los conocimientos existentes se refieren a combinaciones gaseosas de combustibles y oxidantes previamente mezcladas, realizando con ellas experimentos controlados. Lamentablemente, la mayor parte de los fuegos ocurren en condiciones no previstas.

De esto se puede resumir, que las investigaciones sobre la protección contra incendios, se apoyan en los siguientes principios:

- 1) Para que exista combustión es esencial un agente oxidante, una materia combustible y una fuente de ignición
- 2) Antes de que arda el material combustible, es necesario que se eleve su temperatura hasta que alcance su temperatura de ignición
- 3) La combustión continúa hasta que:
  - a) el material combustible se consume o es apartado de la fuente de calor,
  - b) la concentración del agente oxidante se reduce por debajo de la concentración necesaria para eliminar la combustión,
  - c) el material combustible es enfriado por debajo de su temperatura de ignición,
  - d) las llamas son inhibidas químicamente.

## 1.2 INVESTIGACION CIENTIFICA

A pesar de la utilidad del triángulo del fuego, éste no es suficiente ya que se deben obtener algunos aportes cuantitativos y

y cualitativos que permitan predecir la conducta de un incendio.

La ley de la conservación de la masa es de gran importancia en el caso de los incendios, pues permite cuantificar las especies químicas y predecir si van a ser destruidas o generadas en el incendio al entrar en reacción.

El movimiento de los gases, líquidos y sólidos se rige por las leyes de Newton, lo que permitirá contabilizar las fuerzas ocasionadas por esos movimientos.

La fuerza de gravedad es preponderante en los incendios, a ella se debe el fenómeno de convección natural que origina el movimiento de los gases. También por su causa, el agua utilizada durante un incendio fluye de arriba hacia abajo en los edificios. La gravedad puede hacer que los edificios colapsen al elevarse la temperatura de la estructura debido al fuego. Otra ley que debe ser tomada en cuenta es la ley de la conservación de la energía, por la cual se controla la distribución de la misma en todo el sistema estudiado.

El fuego se propaga debido a los mecanismos de transferencia de calor, los cuales aportarán la energía necesaria de retroalimentación.

La investigación de las propiedades de ignición y combustión en los combustibles líquidos y sólidos es más compleja debido a la heterogeneidad de los mecanismos presentes en las reacciones.

Además de tomar en cuenta las leyes antes mencionadas, para realizar una verdadera investigación científica sobre un incendio, es necesario complementarlas con otras disciplinas como la

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

química que nos dará a conocer las reacciones del combustible, los mecanismos de pirólisis, las tasas de reacción y los inhibidores a utilizar en la prevención o extinción de incendios. Otros fenómenos que deben ser tomados en cuenta son: la difusión de los gases, la difusión de gases y líquidos a través de sólidos porosos y la variación de las propiedades físicas y químicas de los materiales cuando son sometidos a cambios de temperatura.

### 1.3 IGNICION

Un incendio es una reacción química bastante más complicada que la que se explica por el término triángulo del fuego, aceptada generalmente con propósitos de simplificación didáctica. En realidad, al elevarse las temperaturas por encima de la ambiente, aparece la pirólisis que se define como la descomposición química de la materia por la acción del calor. Para el ejemplo de la madera, la pirólisis sigue los siguientes mecanismos:

1) La descomposición de la madera emite lentamente ciertos gases entre los que se incluye el vapor de agua. Los componentes combustibles de estos gases aumentan durante las primeras etapas: al principio, la superficie de la madera resulta atacada y a continuación, al suceder el proceso de carbonización, la reacción profundiza más en el material.

2) La evolución de los gases continúa, y si se alcanza la energía de ignición mínima, se inflaman cuando se alcanza su límite mínimo de inflamabilidad. A la temperatura en que sucede la inflamación, el equilibrio químico pasa de ser endotérmico a exo-

térmico, y la reacción se autoabastece ya de la energía necesaria.

3) A esta temperatura de ignición, los gases emitidos al principio son ricos en dióxido de carbono y en vapor de agua, por lo cual la llama no durará mucho tiempo. Sin embargo, el calor de la llama inicia una serie de reacciones de pirólisis secundaria, y la combustión por llama sucede enteramente en la fase de "vapor destilado".

La emisión de gases puede ser lo suficientemente rápida para cubrir la superficie de la madera, dejando fuera el aire e impidiendo que el carbón arda, retardando así la penetración del calor y demorando el avance de la temperatura de ignición al interior de la madera. Al continuar aumentando la temperatura, el carbón entra en estado de incandescencia y el aire que absorbe alimenta la combustión.

Al inicio de una reacción de pirólisis debe tenerse en cuenta la posibilidad de que se establezca o no, un equilibrio energético negativo en la misma. Si el calor se emite en forma concentrada y en cantidad suficiente para mantener la reacción de oxidación y se genera más calor del que se pierde por medio de los mecanismos de transferencia de calor, se crea un equilibrio energético positivo. Sin embargo, si todo el calor generado o parte de él se pierde (como ocurre en un cerillo cuando le pega fuerte viento), existe un balance energético negativo y el fuego se apaga.

Al mismo tiempo, puede existir un efecto llamado de realimentación. Este consiste en que parte del calor generado se aplica al calentamiento de materiales adyacentes, lo que constituye la

preparación para su combustión, produciéndose a su vez en dicho material la pirólisis. Si esta realimentación es insuficiente, el fuego se apagará.

#### 1.4 FUENTES DE ENERGÍA CALORIFICA DE IGNICION

A medida que el dominio que se tenga sobre la energía calorífica sea mayor, se lograrán sistemas cada vez más sofisticados para la prevención y extinción de incendios.

Existen básicamente cuatro fuentes de energía calorífica: química, eléctrica, mecánica y nuclear.

1.4.1 Energía calorífica química: las reacciones de oxidación generalmente producen calor. Estos son los tipos de fuente de calor que constituyen el principal interés del ingeniero dedicado a la protección contra incendios. La cantidad de calor emitida durante la combustión completa de una sustancia, se denomina calor de combustión, es decir, la conversión de la misma en dióxido de carbono y agua. Se expresa en BTU/lb o en cal/gr; para gases combustibles se expresa en unidades de temperatura-volumen. Se utiliza este valor para calcular la carga de fuego, pero no indica la tasa de liberación de calor por unidad de volumen. Esta tasa depende de la geometría y dinámica del material que se trate, así como de la cantidad de calor producido.

El calentamiento espontáneo se puede definir como el proceso de aumento de temperatura de un material dado, sin que para ello extraiga calor de su entorno. El calentamiento espontáneo de



un material hasta su temperatura de ignición tiene por resultado la ignición espontánea o la combustión espontánea.

Las causas fundamentales del calentamiento espontáneo son pocas, pero las condiciones bajo las cuales estos factores fundamentales operan hasta llegar a plantear una situación peligrosa son muchas y muy variadas. Hay tres circunstancias que tienen una gran relación con la peligrosidad del calentamiento originado por la reacción de oxidación. Estas son: la cantidad de aire disponible, la tasa de generación de calor y las propiedades aislantes del entorno inmediato.

Prácticamente todas las sustancias orgánicas expuestas a la atmósfera que sean capaces de combinarse con oxígeno, se oxidan a cierta temperatura crítica con desprendimiento de calor. La tasa de oxidación a temperaturas normales es generalmente tan baja que el calor que se desprende, se transfiere al entorno inmediato a la misma velocidad que se forma, con el resultado que no existe aumento de temperatura en el material combustible sujeto a oxidación. Sin embargo, esta afirmación no es válida para todos los materiales combustibles puesto que, ciertas reacciones de oxidación a temperaturas normales (por ejemplo, la oxidación del polvo de zinconio), generan calor más rápidamente de lo que se puede disipar, con el resultado de que se produce la ignición espontánea.

Por lo antes dicho, para que ocurra el calentamiento espontáneo es necesario disponer de suficiente cantidad de aire para permitir la oxidación, aunque no tanta como para que el calor

se elimine por convección a la misma velocidad que se forma.

La adición de calor puede iniciar un calentamiento espontáneo en alguno de los materiales combustibles que no están sujetos a este fenómeno a temperaturas ordinarias. En estos casos, el precalentamiento aumenta la tasa de oxidación lo suficiente para que el calor se produzca a más velocidad de la que se pierde.

Otras formas de energía calorífica química son el calor de descomposición y el calor de disolución. El calor de descomposición es el desprendido por la descomposición de compuestos que requieran la presencia de calor durante su formación. Cuando se comienza la descomposición por calentamiento, por encima de la temperatura crítica, dicha descomposición continúa por sí sola con liberación de calor. El calor de disolución es aquel desprendido al disolverse una sustancia en un líquido. La mayor parte de las materias desprenden calor al disolverse, aunque su cantidad no es generalmente suficiente para que tenga algún efecto significativo en lo que respecta a la protección contra incendios.

1.4.2 Energía calorífica de origen eléctrico: produce calor cuando fluye por un conductor o salta una chispa debido a una discontinuidad de la conducción. La resistencia eléctrica que se opone a la conducción de cualquier sustancia, depende de sus características atómicas y moleculares y es proporcional a la energía necesaria para mover cualquier unidad de cantidad de electrones a través de la sustancia, venciendo las fuerzas de colisión y

captura de electrones. Este gasto de energía aparece en forma de calor.

Existen seis formas de generar calor debido a la electricidad. Ellas son: por resistencia, por inducción, por un dieléctrico, por el arco eléctrico, por electricidad estática y el generado por el rayo.

a) Calentamiento por resistencia: cuando la tasa de generación de calor es proporcional a la resistencia y al cuadrado de la corriente, se llama calentamiento por resistencia. Puesto que la temperatura del conductor resultante del calentamiento por resistencia depende de la disipación de calor a su entorno, los cables sin recubrimiento pueden portar mayor corriente que los provistos de aislamiento sin calentarse en forma peligrosa. Por un factor externo que modifique bruscamente el valor de la resistencia o la corriente, la tasa de generación de calor puede incrementarse al punto de convertirse el conductor, en una fuente de ignición.

b) Calentamiento por inducción: cuando se someten átomos a gradientes de potencial eléctrico, la disposición del átomo se distorciona. Es decir, los electrones muestran una tendencia a dirigirse al potencial positivo mientras los protones la manifiestan en dirección opuesta. Aunque el potencial externo sea insuficiente para ocasionar la separación de los electrones, la distorsión de la disposición atómica molecular normal, representa un gasto de energía. Esta energía variará de acuerdo al suministro del potencial provocando en algunos casos el calentamiento.

c) Calentamiento dieléctrico: como los materiales aislantes que existen distan mucho de ser perfectos, cuando se someten a tensiones importantes, siempre hay una cierta cantidad de flujo de corriente. Este flujo se denomina corriente perdida, fuga o filtración de corriente y desde el punto de vista de la generación de calor, no suele ser importante. Sin embargo, si el material aislante no fuese apto para el servicio que se le exige, o por razones de economía, ahorro de espacio o con el objeto de intentar lograr la máxima capacidad de un condensador, este material aislante fuese demasiado delgado, las corrientes filtradas podrían exceder los límites de seguridad con el resultado de un calentamiento inicial, un deterioro consiguiente del material y su destrucción final.

d) Calor debido al arco eléctrico: se produce cuando un circuito eléctrico que porta corriente se interrumpe. La formación del arco eléctrico es especialmente grave cuando se produce en motores u otros circuitos inducidos. La temperatura de los arcos eléctricos es muy alta y el calor producido puede ser suficiente como para comenzar la ignición del material combustible o inflamable que pueda haber en sus cercanías.

Un requisito para que un circuito eléctrico sea considerado seguro es que el arco producido por una interrupción accidental de la corriente, no desprenda suficiente energía para causar la ignición de las atmósferas peligrosas en las que el circuito está instalado.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

e) Calentamiento por electricidad estática: se debe a la acumulación de carga eléctrica en la superficie de dos materiales que se han unido y se han separado después. Quedan cargadas las superficies positiva y negativamente, cada una. Si estas sustancias no estuvieran conectadas o puestas a tierra, podrían asimilar suficiente carga eléctrica para producir una chispa. Aunque los arcos estáticos tengan muy poca duración y no produzcan suficiente calor para causar la ignición en ciertos materiales combustibles como papel, es posible causar ésta en vapores o gases inflamables, o nubes de polvo combustible. Un combustible que fluye en el interior de una tubería puede generar suficiente electricidad estática como para causar la ignición de un vapor inflamable.

f) Calor generado por el rayo: el rayo es una descarga eléctrica sobre una nube hacia la carga opuesta de otra nube o sobre la tierra. Un rayo que pase de una nube a la tierra, puede desarrollar temperaturas muy altas en cualquier material de alta resistencia que se encuentre en su camino.

1.4.3 Energía calorífica de origen mecánico: esta energía en forma de calor se debe especialmente a la fricción entre dos superficies, choque entre superficies donde al menos una sea metal y por compresión de gases.

La energía calorífica de origen mecánico es responsable de un importante número de incendios todos los años. El calor generado por fricción produce la mayor parte de estos incendios, aun-

que hay unos pocos y notables ejemplos de ignición por energía calorífica mecánica desprendida por compresión.

a) Calor por fricción: la energía mecánica utilizada para la inercia de sólidos en contacto entre sí, se transforma en energía calorífica llamándose calor por fricción. Cualquier fricción genera calor. El peligro depende de la cantidad de energía mecánica que se transforme en calor y de la tasa de generación calorífica.

b) Chispas por fricción: cuando dos superficies duras, una de las cuales al menos es metálica, chocan entre sí se producen chispas llamadas de fricción que pueden producir incendios.

Las chispas de fricción se forman de la siguiente manera: el calor generado por el impacto o fricción calienta inicialmente la partícula, a continuación y dependiendo de la facilidad de oxidación y del calor de combustión de la partícula metálica, la superficie recientemente expuesta del material puede oxidarse a alta temperatura, mientras el calor de oxidación aumenta esa misma temperatura aún más de manera que la partícula se hace incandescente.

La temperatura alcanzada por las partículas generalmente está por encima de la temperatura de ignición de muchos materiales combustibles, pero sin embargo la posibilidad de ignición de una chispa depende de su contenido total de calor. Las chispas de origen mecánico representan un peligro limitado, ya que son de dimensiones bastantes pequeñas y con un contenido calorífico total muy bajo. Como las partículas se enfrían muy rápidamente,

sólo son capaces de iniciar un incendio bajo las condiciones más favorables, tales como su caída sobre algodón seco, polvo, combustible o materiales explosivos. Las partículas de metal de mayores dimensiones, capaces de retener el calor durante mucho más tiempo, no se calientan generalmente hasta temperaturas peligrosas.

c) Calor por compresión: es el que se desprende de la compresión de un gas. También se denomina efecto Diesel. Debido al aumento de temperatura en un gas que se comprime, éste puede aumentar su temperatura hasta la temperatura de ignición en un material combustible que esté en contacto con el gas. Este efecto ha encontrado prácticamente su mejor aplicación en los motores Diesel, en los que el calor de la compresión elimina la necesidad de un sistema de ignición por chispas.

1.4.4 Energía calorífica de origen nuclear: es la que desprende el núcleo de un átomo. Este núcleo se compone de materias unidas por tremendas fuerzas que pueden liberarse si se bombardean estas materias con partículas. La energía nuclear se desprende en forma de calor, presión y radiación nuclear. En la fisión nuclear, dicha energía se desprende por la fractura del núcleo, mientras que en la fusión nuclear lo hacen por la unión de dos núcleos.

La energía desprendida por el bombardeo del núcleo es generalmente un millón de veces mayor que la desprendida por reacciones químicas ordinarias. El desprendimiento instantáneo de grandes cantidades de energía calorífica nuclear, da por resultado

una explosión atómica, pero si se logra su control es una fuente de calor para el empleo cotidiano, como por ejemplo la generación de vapor para estaciones generadoras de electricidad.

### 1.5 COMBUSTION

La combustión es una reacción química de características exotérmicas (que produce calor) y endotérmicas (que absorbe calor), y que modifica completamente las propiedades físicas de los cuerpos.

Si la combustión es completa, el humo que genera está constituido por anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y vapor de agua que se condensa por enfriamiento. Si es incompleta, se forman compuestos que a la vez pueden ser combustibles. En estas condiciones, el carbono y los compuestos orgánicos producen el monóxido de carbono (CO), gas que es sumamente tóxico.

De acuerdo a la velocidad a la que se realiza la combustión, ésta se puede clasificar en lenta, viva y explosiva.

1.5.1 Combustión lenta: es la que se produce a una temperatura lo suficientemente baja, para que no haya generación de luz, por ejemplo en la oxidación del hierro, la cantidad de calor generado se produce con tanta lentitud que la diferencia de temperaturas entre el medio ambiente y el hierro es imperceptible.

1.5.2 Combustión viva: cuando hay generación de luz. Es lo que comúnmente se denomina fuego. Hay dos tipos de combustiones



vivas, la flama y la incandescencia. La flama es una mezcla de gases combustibles con el aire, dentro de ciertos límites en combustión viva. La incandescencia es la forma de combustión viva en cuerpos sólidos.

En muchos casos la combustión viva se efectúa simultáneamente con la flama y la incandescencia, ya que muchas materias sólidas se descomponen por la acción del calor, en una mezcla gaseosa por destilación y un residuo carbónico sólido. El gas arde en forma de flama y el carbón en forma incandescente.

1.5.3 Combustión explosiva o explosión. Esta es una forma de combustión a grandes velocidades (varios kilómetros por segundo) de ciertas mezclas de aire y gases inflamables. La generación de energía se efectúa a tanta velocidad que no tiene tiempo de disiparse. Se produce entonces, una dilatación brusca que ejerce grandes presiones en los objetos circundantes.

#### 1.6 DESARROLLO DE LA COMBUSTION

Si elevamos progresivamente la temperatura de un material combustible, al principio se produce una combustión lenta, pero el calor generado no es suficiente para mantener por sí mismo la combustión. Si la temperatura sigue aumentando hasta que la combustión sea viva, llegará un momento en el que el calor que se genera será suficiente no sólo para mantener la combustión propia, sino continuarla hacia otros materiales combustibles. Entre más intensa es la reacción de la combustión, mayor cantidad de

oxígeno requiere, por lo tanto si la alimentación de aire es defectuosa, lo será también la combustión.

La temperatura a la que puede llegar un material, depende del equilibrio que exista entre la velocidad de la combustión y la disipación del calor por radiación. Si se aumenta la velocidad de alimentación de aire, la temperatura se eleva, así como la radiación del calor hasta que se llega hasta un nuevo equilibrio. La combustión viva se inicia generalmente con la aparición de flamas, lo cual explica el empleo del término inflamación para describir el principio de la combustión. Siempre que hay flamas, éstas provienen de un gas ya sea que se encuentre en ese estado, o que se produzca por destilación o ebullición de sólidos y líquidos.

Para el desarrollo de la combustión en gases o mejor dicho de una masa gaseosa, se necesita muy poca energía, pero la fuente de ignición debe tener una temperatura elevada de manera de poder aumentar su temperatura hasta la temperatura de ignición. Además es necesario que la mezcla de gas combustible y aire sea inflamable, es decir, se encuentre dentro de los límites de inflamabilidad.

Una mezcla gaseosa es peligrosa si está entre su límite superior e inferior, pues puede ser inflamada fácilmente por cualquier chispazo eléctrico, aún en algunos casos producidos por la energía estática o el de un metal golpeado o frotado contra un objeto duro.

Los líquidos no arden en su estado natural, sino en la forma

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

de gas, por lo cual es necesario vaporizarlos antes de que se les pueda inflamar. El punto de inflamación de un líquido es la temperatura más baja a la cual el gas vaporizado llega al límite inferior de inflamabilidad, en la superficie del mismo.

Ciertos sólidos como la parafina o la cera, funden al estado líquido antes de destilar gas, pero la mayoría de los sólidos combustibles como el papel, la madera, las fibras vegetales y plásticas, etc., se descomponen con el calor destilando gases y quedando un carbón residual. El fenómeno en sí es muy complicado, pues intervienen muchos factores como la naturaleza y la proporción de los gases destilados, la conductibilidad del calor del sólido, etc. Sin embargo, los diferentes sólidos se pueden comparar entre sí midiendo la cantidad mínima de energía que es necesaria proporcionarles por centímetro cuadrado y por segundo, para provocar su inflamación dentro de condiciones bien definidas.

#### 1.7 PROPAGACION DE LA COMBUSTION

Durante un incendio, la propagación de calor se puede efectuar de cinco maneras diferentes: por conducción, por convección, por radiación, por desplazamientos de objetos inflamados y por las corrientes eléctricas.

1.7.1 Conducción. Hay transmisión por conducción cuando el calor se propaga a través de los cuerpos sólidos, es decir, sin desplazamiento de materia.

Una puerta metálica contra incendio puede transmitir el fuego

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

por conducción a los combustibles que se encuentren muy próximos a su otra cara; también por este mecanismo de transferencia de calor, las piezas metálicas de una armadura de techo o entrepiso pueden transmitir el fuego al otro lado del muro en que se apoyan.

1.7.2 Convección. La transmisión de calor se efectúa por convección cuando hay desplazamiento de materia. Los gases producidos por la combustión, se elevan transmitiendo el calor verticalmente. Los gases combustibles pueden acumularse en otro lugar distante al foco del incendio y ahí formar una mezcla con el aire, dentro de los límites inflamables, por lo tanto pueden incendiarse fácilmente e iniciar uno u otros focos de incendio.

1.7.3 Radiación. La transmisión de calor por radiación se efectúa a través de ondas electromagnéticas, en forma semejante a como recibimos el calor del sol. La propagación por radiación se efectúa sobre todo por los cuerpos sólidos, ya sea que éstos estén en combustión incandescente o a altas temperaturas.

1.7.4 Desplazamiento de objetos inflamados. Las corrientes de aire originadas por la alimentación de la combustión y el movimiento ascendente de los gases, producto de la misma llevan consigo partículas de materia en estado de ignición que por gravedad van a caer a cierta distancia del incendio, pudiendo a su vez iniciar nuevos focos de incendio.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1.7.5 Corrientes eléctricas. La sobre carga de las líneas de conducción eléctrica pueden causar el calentamiento excesivo en los cables que queme los materiales aislantes a lo largo del mismo, pudiendo iniciar un incendio si entra en contacto con materiales combustibles.

El único camino para comprender lo que realmente sucederá en el caso de incendios es el desarrollo de las ecuaciones generales para el flujo de mezclas de gases de múltiples componentes con intercambio de calor. También se deben desarrollar sistemas de ecuaciones generales para el movimiento de los productos de la pirólisis.

Una vez descritas, es necesario comparar sus soluciones con los resultados experimentales. Lo antes expuesto se encuentra con tres grandes obstáculos:

- a) La turbulencia
- b) Una química inmensamente complicada
- c) Una escasez general de conocimientos sobre las constantes físicas requeridas en función de la composición y temperatura del fuego.

## 1.8 PRODUCTOS DE LA COMBUSTION

Los productos de la combustión pueden dividirse en cuatro categorías: gases de combustión, llamas, calor y humo.

Estos tienen múltiples efectos sobre los seres humanos siendo los más importantes las quemaduras y los efectos tóxicos que resultan de la inhalación de aire caliente y de los gases.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1.8.1 Gases de combustión. Con este nombre se designan los gases que permanecen en el aire al reducirse los productos de la combustión a sus temperaturas normales. La mayor parte de las materias combustibles tienen carbón y al quemarse forman anhídrido carbónico si la concentración de aire es suficiente, pero si ésta es pobre, entonces se puede formar el peligroso monóxido de carbono. Además, al quemarse los materiales pueden desprender otros gases como anhídrido sulfuroso, sulfuro de hidrógeno, amoníaco, cianuro de hidrógeno, óxido nítrico y nitroso, etc. El tipo de gases que se forme en un incendio depende de muchos factores, siendo los principales la composición química del material en combustión, la cantidad de oxígeno disponible para la combustión y la temperatura.

1.8.2 Llamas. La combustión en una atmósfera con una concentración normal de oxígeno, suele ir acompañada de una luminosidad llamada llama. De ahí que la llama se considere un producto distinto de la combustión. La exposición directa a la llama o al calor irradiado de ésta, causa quemaduras.

Muy rara vez se separa la llama de los materiales en combustión a una distancia apreciable. Sin embargo, en ciertos fuegos cubiertos o sofocados, sin llama, puede producirse calor, humo o gases que sean transportados por las corrientes de aire hasta puntos muy alejados antes de que el fuego llegue a ellos.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1.8.3 Calor. De los productos de la combustión, el calor es el principal responsable de la propagación del fuego en edificios.

Los riesgos por exposición al calor comprenden desde las lesiones leves hasta la muerte. La exposición al aire caliente puede causar deshidratación, agotamiento, bloqueo de las vías respiratorias y quemaduras.

1.8.4 Humo. El humo es una materia formada por diminutas partículas sólidas y vapor condensado. Los gases procedentes de la combustión de materias de uso común como la madera, contienen vapor de agua, anhídrido carbónico y monóxido de carbono; en las condiciones normales de escasez de oxígeno que se producen en un incendio y que dificultan la combustión completa, hay también metano, ácidos fórmico y acético. Estos gases suelen producirse a partir de la materia combustible y a velocidad suficiente, portan pequeñas gotas de brea inflamable que aparecen como humo. Estas partículas de carbón y brea son visibles y los gases de la combustión que las portan son lo que se denomina "humo".

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## CAPITULO 2

### CARACTERISTICAS Y COMPORTAMIENTO DEL HUMO

El humo es una materia formada por diminutas partículas sólidas y vapor condensado. Los gases procedentes de la combustión de materias de uso común como la madera, contienen vapor de agua, anhídrido carbónico y monóxido de carbono; en las condiciones normales de escasez de oxígeno que se producen en un incendio y que dificultan la combustión completa, hay también metano, óxidos de nitrógeno, ácido hidrocianúrico, etc.

Las propiedades tóxicas y térmicas de los gases de combustión, pueden causar lesiones o la muerte; 85% de las llamadas víctimas de incendio, pero las partículas sólidas y líquidas en suspensión en ellos producen también efectos nocivos. Estas partículas pueden ser de color, dimensiones y cantidades tales que oscurezcan el paso de la luz, obstruyendo así la visibilidad para identificar las salidas o señalizaciones.

Con frecuencia el humo actúa como advertencia de la existencia del fuego, y simultáneamente contribuye a crear condiciones de pánico colectivo por la propia naturaleza de sus efectos cegadores e irritantes

Por lo antes expuesto, se necesita conocer el comportamiento del humo en los edificios durante un incendio, de manera que se logre la obtención de diseños confiables, tanto de estructura como de los sistemas de ventilación y/o acondicionamiento de aire.



Se debe tener claro que "humo" es el resultado, tanto de la combustión como de la pirólisis de los distintos materiales, proceso éste que ocurre generalmente durante incendios en edificios.

## 2.1 EXPANSION DE LOS GASES

Mientras dura un incendio en un espacio confinado, tal como un recinto de un edificio, la atmósfera está constituida por una mezcla de humos, gases de combustión y aire. Como se ha indicado, una atmósfera que contiene humos se comporta esencialmente en lo que respecta a sus movimientos, igual que una atmósfera normal.

A medida que crece el fuego, aumentan la presión y la temperatura. En un fuego que haya alcanzado un intenso desarrollo en un recinto, la presión puede aumentar 2,5 a 5 mm. de una columna de agua; por su parte, la temperatura en un recinto en llamas en el que hay materiales combustibles ordinarios puede llegar a 1.000°C.

La relación entre el volumen de un gas V, su temperatura y presión, se expresa por la ley universal de los gases,  $PV = RT$  donde R es una constante del gas de que se trate.

Para obtener la relación de estas variables en dos condiciones diferentes pero con presencia del mismo gas, se elimina R obteniéndose:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} \quad \text{ECUACION 1}$$

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Los edificios de baja altura que no poseen características arquitectónicas y funcionales demasiado complicadas, se ventilan con facilidad. Las presiones y calor que se producen en los incendios de interiores son suficientes para expulsar el humo y los gases calientes a través de las ventanas o los orificios que abran los bomberos en los muros.

Los edificios de gran altura presentan problemas distintos respecto al movimiento de humo. Las diferencias de temperatura y la influencia de la altura ocasionan importantes presiones ascendentes, las cuales a la hora de un incendio pueden ser controladas a medida que se realicen estudios sobre esta materia.

## 2.2 EFECTO CHIMENEA

Como se dijo anteriormente, las diferencias de temperatura y la influencia de la altura ocasionan importantes corrientes ascendentes a través del edificio. Esto ocasiona el llamado efecto de chimenea, es decir, que es el movimiento vertical natural del aire a través del edificio causado por las diferencias de temperatura y de densidad entre el aire interior y exterior. Este efecto de chimenea es un factor muy importante en el movimiento del humo, y debe ser tomado en cuenta al momento del proyecto de un edificio.

Durante un incendio este efecto es a menudo responsable de la amplia distribución de humo y gases tóxicos en edificios de gran altura y además produce una fuerte y característica corriente ascendente desde la planta baja a la última. Su magnitud, está

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

en función de la altura del edificio, de la estanquidad frente al aire de los cerramientos exteriores, de las filtraciones entre los pisos del edificio y de la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.

En la Figura 2-1(a), se ilustra el principio del efecto de chimenea. Considérese una caja que tenga una sola abertura cerca de su parte inferior y otra cerca de su parte superior; la corriente natural teórica entre las dos aberturas se origina por la diferencia de densidad entre la columna de aire en el interior de la caja y otra columna de aire, en el exterior de la misma de iguales dimensiones. La magnitud de esta corriente se puede calcular por medio de la siguiente fórmula<sup>1</sup>:

$$D = 2.96.H.B_0 \cdot \rho \left[ \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1} \right] \quad \text{ECUACION 2}$$

en donde:

D = corriente teórica en pulgadas de agua

H = distancia vertical entre la boca de entrada y la de salida, expresada en pies.

B<sub>0</sub> = presión barométrica en pulgadas de mercurio

T<sub>0</sub> = temperatura del aire exterior en grados Rankine

T<sub>1</sub> = temperatura del aire interior en grados Rankine

ρ = densidad del aire a 0°F y 1 atmósfera de presión en libras por pie cúbico

1. Manual de Protección contra Incendios (NFPA). MAPRE S.A. pag.2-39. Madrid 1978.

Los valores de temperatura y de presión se expresan en unidades absolutas.

La expansión volumétrica de los gases en el incendio de un recinto puede determinarse haciendo que los subíndices 1 representen las condiciones previas al fuego, y los subíndices 2, dichas condiciones cuando el fuego ha alcanzado todo el recinto. Se ha dicho anteriormente que el aumento de presión en un recinto en llamas puede ser del orden de 2.5 a 5 mm. de una columna de agua. Este pequeño aumento basta para producir una circulación considerable de humo y aire a partir del fuego. En una escala absoluta  $P_1 \approx P_2$  en la Ecuación anterior.

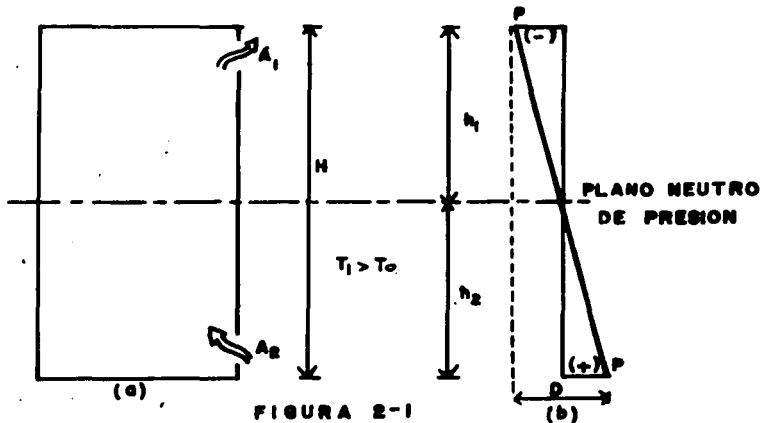
La temperatura absoluta en la condición inicial es del orden de  $T_1 \approx 21^\circ + 273^\circ \approx 294^\circ\text{K}$ . Cuando el incendio ha alcanzado su pleno desarrollo,  $T_2 \approx 650^\circ + 273^\circ \approx 923^\circ\text{K}$ . Por lo tanto, el cambio en el volumen del gas se puede determinar del siguiente modo:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} ; \quad \frac{V_1}{294} \approx \frac{V_2}{923}$$

de donde:

$$V_2 \approx 3V_1$$

El volumen de los gases en el interior de un recinto aumenta pues en un factor de tres o más. Por esta razón, cada metro cúbico de aire fresco que se introduzca se expandirá según este factor antes de ser desplazado en forma de mezcla de humo.



a MOVIMIENTO DE LA COLUMNA DE AIRE  
 b SITUACION DEL PLANO DE PRESION NEUTRA

En la parte (b) de la Figura 2-1 se ilustra el gradiente de presión a que dan lugar estas columnas de aire. En el nivel de la abertura inferior, la densidad del aire en el interior es menor a la del aire exterior, por ello esta columna interior trata de elevarse y el aire exterior busca llenar este espacio. Se crea la llamada presión positiva (el medio ambiente entrega energía). En el nivel de la abertura superior, en el lado interior, la presión será mayor debido a la acumulación de aire caliente y tenderá a salir hacia el exterior de la caja creándose la presión negativa.

Se supone que la distribución de presiones entre estos dos puntos es lineal.

En caso de existir una abertura en la pared exterior en una región de presión positiva, el aire entraría en el edificio. Si la abertura es en una región de presión negativa, entonces el aire buscará salir del edificio y si es en el nivel del plano neutro, no habrán corrientes de aire.

La situación del plano de presión neutra en una estructura sin barreras horizontales y con dos orificios, tal como la Figura 2-1, puede determinarse a partir de la Ecuación 1, obteniéndose la siguiente relación:

$$\frac{P_i \cdot A_1 \cdot h_1}{T_o} = \frac{P_o \cdot A_2 \cdot h_2}{T_i} \quad \text{en el plano neutro}$$

$$P_i = P_o$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{A_2 \cdot T_o}{A_1 \cdot T_i} \quad \text{ECUACION 3}$$

### 2.3 TEORIA SOBRE EL CONTROL DEL HUMO

En el interior de un edificio es posible regular el movimiento del humo, su retención en espacios cerrados o ambas cosas.

Como se describió en el efecto de chimenea, el tiro se origina por la diferencia de densidad entre el aire interior y el aire exterior, por ello el sentido del flujo del aire. Analicemos un edificio, digamos de oficinas con sistema de aire acondicionado y de varios pisos de altura; el aire en el interior por estar más

frío es más denso y tiende a moverse de arriba hacia abajo.

Pero en aquellos en donde el clima es frío se necesitará calentar el interior, por lo que el aire caliente (menos denso) creará un flujo de abajo hacia arriba dentro del edificio.

Si se estudia el caso específico de un edificio dotado del sistema de aire acondicionado, en donde la temperatura del aire exterior es de  $25^{\circ}\text{C}$  ( $77^{\circ}\text{F}$ ) y una temperatura en el interior de  $18^{\circ}\text{C}$  ( $64.4^{\circ}\text{F}$ ), podemos obtener las siguientes gráficas de acuerdo a algunas restricciones.

La Figura 2-2 muestra el edificio simplificado, de cuatro pisos de altura, con aberturas de área igual a  $A_0$  en las paredes exteriores del mismo, concentradas en dos puntos y sin restricciones horizontales (pisos). Debido a la simetría y disposiciones de las aberturas y a que el flujo de aire que entra, debe ser igual al que sale, se encuentra que el nivel del plano neutro está situado a la altura media del edificio.

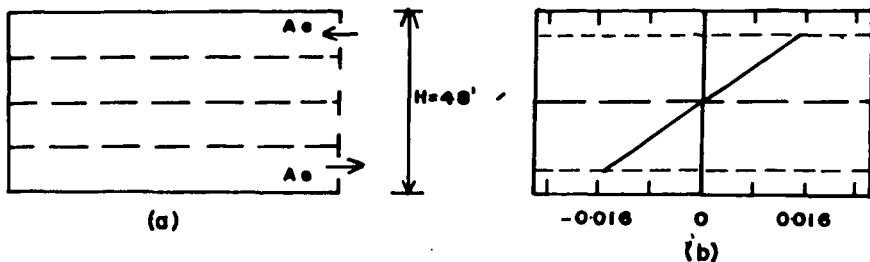


FIGURA 2-2

La caída de presión que genera el flujo hacia afuera a través de la abertura inferior, es igual a la caída de presión que genera el flujo hacia adentro en la abertura superior. Este valor se calcula de acuerdo a la Ecuación 2. En este ejemplo, se tomó el valor de 0.0862 libras/pie cúbico para la densidad, y para  $B_0$  el de 29.9 pulgadas de mercurio.

Cuando el edificio anterior posee barreras horizontales o pisos, y éstas tienen orificios de área equivalente  $A_p$ , se observa un aumento de la presión la cual es utilizada para producir flujo a través de cada piso. En la Figura 2-3 se observa tanto el sentido del flujo como el tiro teórico, y además la redistribución de las diferencias de presión.

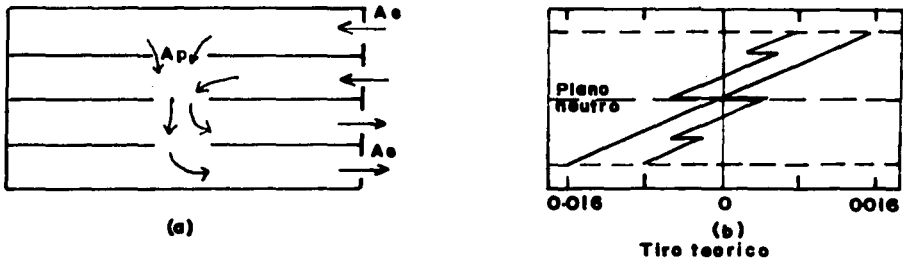
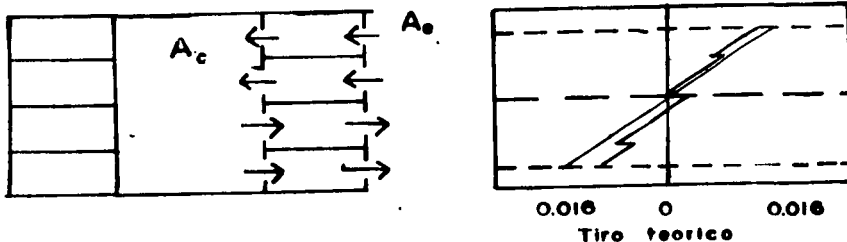


FIGURA 2-3

La situación mostrada en la Figura 2-4 es aquella donde el edificio está dotado de aberturas de área  $A_c$  en cada piso, colocadas en una cavidad vertical y no hay filtraciones entre pisos (aberturas).





**FIGURA 2-4**

En la Tabla 1<sup>2</sup> se muestra la presión de estancamiento del viento para varias velocidades, así como la presión de chimenea (tiro teórico) para varias diferencias de temperatura a una altura efectiva de 30.48 metros (100 pies).

Bajo condiciones de incendio, los efectos de chimenea pueden aumentarse en el flujo de sentido vertical cuando el aire interior se calienta por encima de la temperatura normal del cuarto, debido a la mezcla de gases calientes. Este efecto podría contrarrestar la tendencia del flujo de aire hacia abajo en los edificios con aire acondicionado. La variabilidad extrema y el rango de estos factores hace difícil explotarles para obtener ventajas en control de humo, o para proyectar modelos que compensen lo que consistentemente ellos alteran. Deben buscarse soluciones que

2. Jensen, Rolf. FIRE PROTECTION FOR THE DESIGN PROFESSIONAL. Ed. Cahners Books. pag. 66.

trabajen la mayoría de las veces.

<p style="text-align: center;"><b>TABLA 1</b>  <b>COMPARACION DE PRESIONES DEBIDAS AL VIENTO Y AL EFECTO DE</b>  <b>CHIMENEA</b></p>			
Valores de presión de estancamiento del viento		Tiro (altura efectiva de 30.5 mts)	
Velocidad KPH	Presión mm de H <sub>2</sub> O	Diferencia de temperatura	Presión mm de H <sub>2</sub> O
8.04	0.305	11.1	1.39
16.09	1.220	22.2	2.92
24.12	2.640	33.3	4.44
32.18	4.900	44.4	6.35
40.23	7.650	55.5	8.28

En caso de ocurrir un incendio en un edificio como el de la Figura 2-4, pero con ocho pisos y suponiendo que la temperatura generada es de 816°C (1.500°F), entonces el tiro producido por ese solo piso se puede calcular a partir de la Ecuación 2. El valor del tiro será: D = 0.10 pulgadas de agua = 2.54 mm de agua para los siguientes valores:

$$H = 12 \text{ pies}$$

$$\rho = 0.0862 \text{ lb/pie}^3$$

$$B_0 = 29.9 \text{ pulgadas}$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 815^\circ\text{C}$$

**TESIS CON**  
**FALLA DE ORIGEN**

Suponiendo que el incendio se produzca en el tercer piso, se tendrá en el momento inicial, la situación mostrada en la Figura 2-5. Se ha supuesto inicialmente que el piso está herméticamente cerrado, sin aberturas.

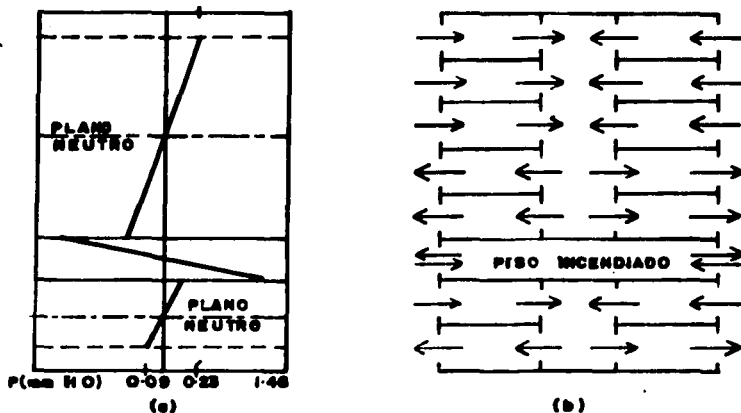


FIG 2-5 (a) TIPO TEORICO PRODUCIDO  
(b) FLUJO DE AIRE EN EL EDIFICIO

La situación que se muestra en la Figura 2-5 es deseable ya que el humo se concentra sólo en el piso incendiado y el resto del edificio permanece libre de él; ésto si el aislamiento es perfecto entre los pisos. En realidad, el aislamiento nunca es perfecto y en consecuencia, el humo tenderá a calentar el aire dentro del edificio variando así las condiciones reales del

flujo y presión, tal como se muestra en la Figura 2-6.

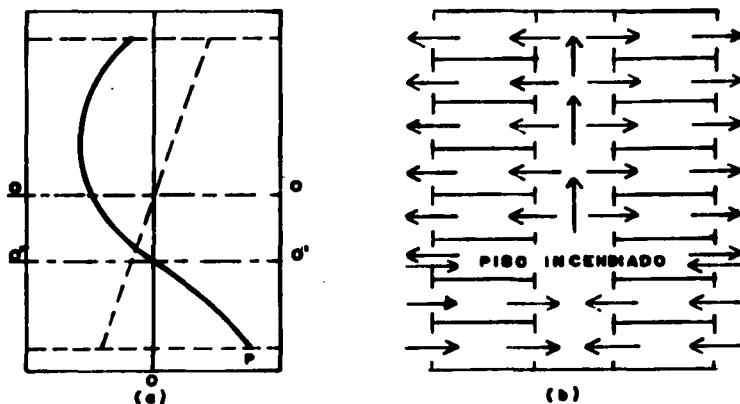
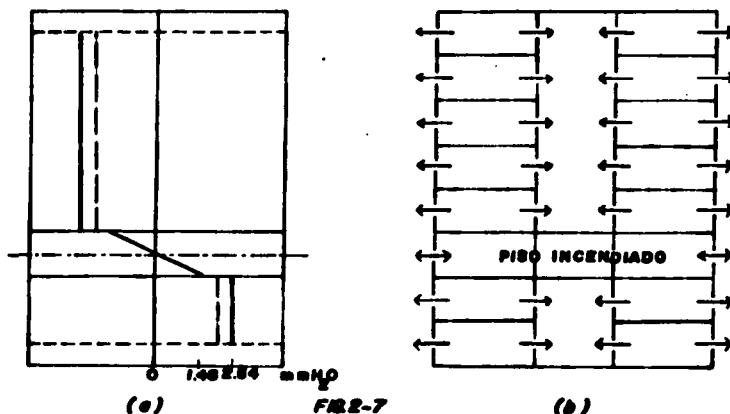


FIG 2-6 (a) CONPORTAMIENTO DEL TIRO TEORICO  
(b) FLUJO DE AIRE EN EL EDIFICIO

Para lograr obtener la situación de la Figura 2-5 se puede utilizar el sistema de aire acondicionado. Para los cálculos realizados anteriormente se necesitará crear una sobrepresión no menor a  $2.54/2$  mm de  $H_2O$  ( $0.10/2$  pulgadas de agua), para un edificio de ocho pisos de altura con 12 pies de alto, por cada piso.

Esta sobrepresión debe existir para todos los pisos, a excepción del piso incendiado, ya que el incendio puede ocurrir en cualquier piso. La Figura 2-7 muestra la situación descrita anteriormente, pero debido a las caídas de presión que ocurrirán

dentro del edificio al fluir el aire a través de las restricciones al flujo, como son: puertas, ventanas, etc., es necesario que la sobrepresión puesta sea superior al valor calculado anteriormente (0.10 pulgadas de  $H_2O$ ). Este valor no debe ser tan alto como para impedir que las puertas sean abiertas.



(a) SITUACION DESEADA PARA EL TIRO TEORICO  
 (b) FLUJO DE AIRE EN EL EDIFICIO

Para lograr la situación de la Figura 2-7 con respecto a las condiciones de flujo y presión, se deben cerrar los ductos de retorno del aire acondicionado en los pisos libres de fuego y mantener abiertos los de suministro, logrando así obtener la sobrepresión deseada. Por el contrario, en el piso incendiado se

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

debe buscar la ventilación hacia el exterior para crear una depresión con respecto al resto del edificio. Por esta razón se deben cerrar los ductos de suministro y además deberán cerrarse los de retorno, para evitar así que el humo sea llevado a otros pisos.

Hasta ahora se ha intentado mantener el edificio libre de humo y gases tóxicos. Esto en realidad no es posible lograrlo a cabalidad en el piso incendiado, por lo que es conveniente que los pisos sean divididos en zonas aisladas entre sí, desde el punto de vista de hermeticidad, tanto al fuego como al humo. Debido a ello, es necesario utilizar paredes divisorias que retarden la transferencia de calor de un lado a otro, y también que los ramales del aire acondicionado sean independientes para cada zona, permitiendo de esta manera que la zona no incendiada sea puesta a sobrepresión. Como consecuencia de tener zonas aisladas, se logrará tener refugios al menos temporales para los ocupantes del piso incendiado.

Las normas de algunos países exigen que determinadas paredes de las edificaciones sean construidas con materiales que retarden la transferencia de calor, especificando incluso el tiempo de retardo requerido. Este tiempo de retardo se mide en horas, así una pared de 1/2 de tiempo, impedirá por lo menos durante media hora que la otra cara de la pared eleve su temperatura de tal manera que pueda provocar la combustión de los materiales colocados en ella.

Existen potenciales vías de distribución del humo prove-

nientes de incendios en pisos bajos. Generalmente, son las cavidades de ascensores y de las escaleras. La ventilación de éstas desde la parte superior de la cavidad, bajo efecto negativo de chimenea baja el plano neutro en la cavidad, aumentando así el número de pisos desde los cuales fluye aire al interior de la cavidad y disminuyen el número de pisos que reciben aire. Por lo tanto, la ventilación de una cavidad desde su tope es un camino para reducir la capacidad de propagación del humo de piso a piso. Esta forma de control es útil solamente cuando la cavidad no es utilizada como vía de tráfico.

Cuando la ventilación se hace por la parte inferior de la cavidad el plano neutro subirá, disminuyendo el número de pisos en capacidad de suministrar aire a la cavidad. Esta condición es favorable para mantener libre de humo la mayor parte de la cavidad.

La presurización de las cavidades por medios mecánicos puede realizar el mismo efecto y de una manera más segura mientras se mantenga el suministro de energía eléctrica. Esta presurización puede ser llevada a cabo con una cantidad moderada de aire, si todas las puertas están cerradas, pero sería imposible con las puertas abiertas debido a la gran cantidad de flujo. Si los pisos a los cuales dan acceso las puertas estuvieran también presurizados no habría problema alguno, ya que la presión sería igual en todos los lados. Cuando se habla de las cavidades, no sólo son las de escaleras, ya que no siempre son suficientes para garantizar la evacuación total del edificio, sino también la de

los ascensores sobre todo en edificios de gran altura en las que pueden hallarse personas de edad avanzada o impedidas físicamente, las que no podrían utilizar las escaleras.

Por esta razón los ascensores pudieran ser mantenidos en servicio mientras se realiza la evacuación manteniendo las cavidades sin humo y diseñando los ascensores para cumplir este servicio.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## CAPITULO 3

### PREVENCION CONTRA INCENDIOS

Para hablar sobre la prevención de incendios, se deben conocer las causas que los originan. De esta manera, podremos dar soluciones prácticas que disminuyan considerablemente la posibilidad de incendio.

Encuestas realizadas por organismos especializados, han dado como resultado la publicación de las causas más comunes de incendio. Estas se encuentran resumidas en la Tabla 2<sup>3</sup> que se muestra a continuación.

TABLA 2	
PRINCIPALES CAUSAS DE INCENDIOS	
CAUSA	PORCENTAJE
Eléctricas	19%
Fricción	14%
Materias extrañas	12%
Flamas abiertas	9%
Cigarrillo y fósforo	8%
Ignición espontánea	8%
Superficies calientes	7%
Chispas de combustión	6%
Materiales sobrecalentados	3%
Electricidad estática	2%
Diversos	5%
No determinable	7%

Estudiando estas causas se logrará corregirlas, evitando así el inicio de un incendio y sus consecuencias.

Para realizar un pequeño estudio sobre las causas de los

3. Planer, Robert. FIRE LOSS CONTROL. Ed. Marcel Dekker. pag. 135. New York. 1979.

incendios, haremos una clasificación de acuerdo a tres grupos:

1. Prevención en edificios de oficinas
2. Prevención en la industria
3. Prevención en viviendas familiares

### 3.1 PREVENCIÓN EN EDIFICIOS DE OFICINAS

Al buscar una buena prevención en estos lugares, se deberá saber el uso a que serán destinadas las distintas instalaciones. Generalmente existen depósitos de papelería y otros materiales que son muy combustibles y los cuales se pueden convertir en posibles fuentes de ignición, si alcanzan la temperatura de ignición.

La instalación eléctrica debe estar bien protegida para evitar que salten chispas (transferencia de masa o de calor) las que cerrarán el triángulo del fuego, comenzando así la combustión. Existen también depósitos de solventes o sustancias muy inflamables, los que debido a los vapores que desprenden pueden hacer que la atmósfera se convierta en explosiva. En estos locales se recomienda además de buena ventilación, el uso de interruptores blindados para evitar el salto de corriente.

Otra causa pueden ser los cortocircuitos que aumentan considerablemente la temperatura de los cables, por lo que se puede llegar a destruir la cubierta protectora y a través de los mecanismos de transferencia de calor, transmitir el calor a materiales combustibles cercanos.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Todas las causas anteriores tienen en común al sistema eléctrico, por ello se debe tener mucho cuidado en el momento del diseño.

Todo el cableado de la instalación eléctrica debe ir dentro de tubería conduit, para evitar el deterioro de éstos. Al cerrar los locales se debe desconectar el circuito eléctrico, al hacerlo se descartan las posibilidades de incendio descritas anteriormente. Además, si se quedó conectado un artefacto eléctrico el cual puede transmitir calor y convertirse en una fuente de ignición, será también desconectado; debemos recordar que por cada cien incendios, diecinueve son por causas eléctricas.

El descuido en el uso de cigarrillos y fósforos es considerado como otra posible causa de incendio. Esto se podría prevenir utilizando ceniceros apropiados, en los cuales al quedarse olvidado un cigarrillo encendido, no exista la posibilidad de que éste se caiga del mismo, sobre materiales combustibles tales como: papel, madera, alfombras, muebles, etc.

El mismo caso se da con el uso de cerillos ya que pueden ser arrojados sobre superficies combustibles e iniciar la combustión. Es preferible el uso de encendedores. Además, deben estar bien determinadas las áreas en donde no se puede fumar pues sería peligroso, por ejemplo, hacerlo en los depósitos de papelería o material inflamable.

Cuando se realiza la limpieza de las oficinas, se recoge gran cantidad de material combustible y al no ser colocado en envases adecuados, puede ocurrir la combustión y desarrollarse

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

un incendio en donde éstos son acumulados.

Al realizar la limpieza de máquinas de escribir, fotocopiadoras, calculadoras, etc. se utiliza material sumamente inflamable y a veces, desprenden polvos los cuales pueden llegar a autoencenderse.

Si todo esto va a un mismo recipiente y además, junto con el material combustible recogido, probablemente se iniciará un incendio.

Se debe pensar en un mantenimiento continuo de los desperdicios y clasificarlos.

Los edificios de oficinas deben utilizar alfombras no combustibles, evitar en lo posible, muebles plásticos o de madera y poseer buena ventilación en los locales utilizados como depósitos. Además, se debe conectar el sistema eléctrico cuando no se esté laborando y un mantenimiento preventivo constante.

En edificios en donde se utilice el sistema de calefacción, debe tenerse en cuenta que el aumento en la temperatura hasta cierto nivel puede ocasionar la ignición de ciertos materiales combustibles.

### 3.2 PREVENCIÓN DE INCENDIOS EN LA INDUSTRIA

Cuando deseamos hablar de la prevención de incendios en la industria, nos damos cuenta de que también habría que hacer una clasificación algo larga. Pero si observamos la Tabla 2, encontramos que varias de las causas pueden ser comunes en la industria.

Las causas de incendio por electricidad son muy parecidas a las de edificios de oficinas. Pero existe en la industria gran cantidad de máquinas que funcionan con electricidad y requieren un adecuado sistema de alimentación. Si se quiere instalar nueva maquinaria se deberá estudiar el sistema eléctrico para ver si está en capacidad de suministrar la energía necesaria sin causar alteraciones en él.

La fricción entre las partes de una máquina puede ocasionar temperaturas elevadas o desprendimiento de partes que pueden convertirse en fuentes de ignición.

La fricción se controla con un mantenimiento de la maquinaria, lubricando y sustituyendo piezas dañadas. Esta fricción provoca el desgaste excesivo de las piezas y puede llegar a desprender material (polvo, viruta) que al entrar en contacto con productos combustibles puede iniciar un incendio.

Las materias extrañas son otra causa común de incendio en la industria. Por ejemplo, una estopa con residuos de grasa, líquidos inflamables, etc. que fué utilizada para limpiar una máquina o simplemente las manos, puede llegar a ser una fuente de ignición. Si esta estopa se arroja al piso o a otro lugar, con el tiempo puede llegar a autoencenderse proporcionando una buena fuente de ignición para materiales combustibles que estén cercanos.

En los pedazos de madera que se arrinconan o se depositan en forma inadecuada, puede llegar a producirse la pirólisis ocasionando así un posible incendio.

Se puede reducir el riesgo de incendio con el uso de personal

de limpieza, el cual estará encargado de mantener los pisos libres de materias combustibles, recogiendo los desperdicios tales como estopas, madera, recipientes con restos de virutas metálicas o polvo.

Cuando se trabaja con calderas, debe tenerse especial cuidado en su funcionamiento y mantenimiento debido a que puede ocurrir una explosión si se pierde el control. Además, las líneas de transmisión de vapor deben estar protegidas con material aislante, no sólo para conservar el calor sino para evitar el contacto con materiales que puedan comenzar la combustión.

El depósito de combustible para calentar el fuego en las calderas, debe cumplir normas establecidas por la NFPA de manera que se restrinja al mínimo la posibilidad de incendio.

Cada industria deberá hacer un estudio detallado de la posibilidad de incendio de acuerdo a la Tabla 2, buscando de esta manera reducir al mínimo la posibilidad de incendio de esa industria en particular.

Otra manera de prevención de incendio, tanto en oficinas como en industrias, es la instrucción del personal para que se ajuste a las normas de seguridad establecidas en cada caso.

Son necesarias también señalizaciones como PROHIBIDO FUMAR, MATERIAL INFLAMABLE, etc., y también restringir ciertas áreas al paso de personal no autorizado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3.3 PREVENCIÓN DE INCENDIOS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

La causa más común de incendio en estos edificios es eléctrica, principalmente recalentamiento en artefactos eléctricos tales como secadores de pelo, calentadores de agua y tostadoras, las cuales al quedar funcionando pueden elevar tanto su temperatura que transmiten calor a materiales combustibles que se encuentran a su alrededor.

Otra causa puede ser dejar olvidada sobre la estufa, una olla o recipiente que al elevar su temperatura derrama el contenido, pudiendo convertirse éste en una fuente de ignición o que la transmisión de calor de la llama llegue a recalentar objetos situados en las paredes adyacentes a la estufa.

Se debe tener mucho cuidado con los niños, ya que éstos pueden encontrar cerillos o encendedores y por curiosidad, o simple juego, pueden iniciar un incendio hasta en la ropa que cargan puesta.

Cuando se enciende un calentador de ambiente en una habitación, se debe tener cuidado de que éste no vaya a aumentar la temperatura de los materiales que puedan ser combustibles. El fuego de la chimenea puede ser causa de un incendio, ya que saltan partículas de carbón o madera encendidas; debe colocarse un protector o malla ante el fuego.

Un cigarrillo olvidado sobre una mesa combustible o sobre un cenicero inadecuado, puede ser otra causa de incendio.

Otra causa por cigarrillo es aquella que se produce al caer sobre un colchón el cual es sumamente inflamable. Esto

puede ocurrir por diversas causas, una de ellas podría ser una persona que bajo cualquier efecto, se acuesta con un cigarrillo encendido y luego se queda dormida. Al caerse el cigarrillo de la mano, va directamente a las sábanas iniciándose la combustión, la que será mucho mayor al llegar al colchón. También los niños jugando con cerillo pueden ocasionar este tipo de incendio.

Existe otra causa y es quizás la más peligrosa de todas : explosión por gas. En las estufas de gas se acostumbra el uso de pilotos, los cuales siempre están encendidos para garantizar que cuando se abra una llave de la estufa y comience a salir el gas, éste se encenderá de una manera controlada. Pero si el piloto se apaga y se deja una llave mal cerrada, puede ocasionar el aumento de la concentración de gas en dicha atmósfera. Si este sitio no está bien ventilado, entonces puede ocurrir una explosión.

Es recomendable que las estufas de gas, mantengan siempre encendido su piloto, y además asegurar que todas las llaves queden bien cerradas al no estar utilizándose.

#### 3.4 RECOMENDACIONES GENERALES EN LA PREVENCION DE INCENDIOS

Estas recomendaciones será generales, debido a que en distintos casos, se podrán aplicar para la prevención de incendios.

- 1) Las instalaciones eléctricas deben estar bien protegidas contra cualquier sobrecarga del sistema.
- 2) Se deben colocar avisos preventivos en aquellas áreas en donde sera necesario. Estos pueden ser PROHIBIDO FUMAR, MATERIAL INFLAMABLE, AREA RESTRINGIDA, etc.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



3) El aseo de las instalaciones debe ser efectivo y rápido, de manera que al producirse cualquier derrame de materiales combustibles, éstos sean recogidos y depositados en sitios o envases adecuados.

4) Durante el proyecto de las instalaciones, debe saberse el uso de las mismas y de no ser así, no olvidar diseñar un buen sistema de ventilación.

5) Debe darse instrucción a todos los niveles, sobre cuáles pueden ser causas inmediatas de incendios dentro de las instalaciones en que se encuentran y como evitarlas la mayoría de las veces.

6) En residencias se debe tener mucho cuidado, sobre todo con los niños, quienes no deben utilizar cerillos ni encendedores para sus juegos y por lo tanto, no se deben dejar a su alcance.

7) Instruir a las personas que realizan el servicio doméstico, sobre las posibles causas de incendio en el hogar.

8) En la industria debe tenerse un mantenimiento preventivo adecuado de la maquinaria, evitando la fricción excesiva y el desgaste.

9) Cuando se culminan las labores diarias, es recomendable suspender el suministro de corriente eléctrica al local.

### 3.5 FACTORES RESPONSABLES DE LA PROPAGACION DEL FUEGO EN INCENDIOS

Estos factores se pueden dividir en dos grandes grupos con sus respectivos incisos:

1. Defectos estructurales que favorecen la propagación del fuego

a) Propagación vertical

i. Zonas no subdivididas por cortafuegos incluyendo paredes y otros elementos cortafuegos.

i.i. Pisos y techos no resistentes al fuego.

b) Propagación horizontal

i. Zonas no subdivididas por cortafuegos incluyendo espacios ocultos por encima o por debajo de techos y pisos.

i.i. Aberturas interiores desprotegidas en los tabiques

i.i.i. Acabados exteriores.

c) Estructura o acabado combustible

i. Estructura o armazón

i.i. Falsos techos, muros y pisos

2. Características del contenido de los edificios que influyen en la propagación del fuego

a) Productos almacenados

b) Líquidos inflamables o gases contenidos en envases inadecuados

### 3.6 FACTORES QUE AFECTAN LA CONCENTRACION DE HUMO EN UN EDIFICIO

La propagación del humo o de gases calientes en edificios es lo suficientemente complicado, como para que el estudio para la determinación de los patrones de flujo en diferentes casos tenga que ser hecha por computadora.

Por ejemplo, tomemos un edificio modelo para hacer el estudio. Se asumen áreas de filtración existentes generalmente en los

edificios altos de hoy día.

El patrón de migración de humo en cada caso, se determina en dos pasos de la siguiente manera:

1. Determinación del flujo de masa a través de cada área de filtración con su correspondiente diferencia de presión.

$$w = c.a.\rho^n.p^n \quad \text{ECUACION 4}^4$$

en donde:

w = flujo de masa

c = constante de proporcionalidad

$\rho$  = densidad del aire

p = diferencia de presión

A = área del orificio o filtración

n = exponente de flujo  $\left\{ \begin{array}{l} 1/2 \text{ flujo turbulento} \\ 1 \text{ flujo laminar} \end{array} \right.$

2. Determinación de la migración transitoria de humo de un compartimiento a otro.

$$\rho_i \cdot v_i \cdot \frac{d_{ci}}{dt} = \sum_{j=1}^n w_{ji} \cdot C_j \quad \text{ECUACION 5}^5$$

en donde:

$\rho_i$  = densidad del aire en el local i

$v_i$  = volumen del local i

t = tiempo

$w_{ji}$  = flujo de masa del local j al i

$C_i$  = concentración de humo en i

4. Jensen, Rolf. FIRE PROTECTION FOR THE DESIGN PROFESSIONAL. Ed. Cahners Books. pag. 50.

5. Ob. citada. pag. 52.



Resolviendo el sistema de ecuaciones diferenciales simultáneas, se pueden obtener las concentraciones de humo en cada local que se desee.

Para diferentes sistemas en cuanto al mismo diseño del edificio, se encuentra que las concentraciones de humo varían.

Por ejemplo, para un edificio que no tenga conductos verticales de otro tipo que no sean de ascensor y escalera, la concentración de humo alcanza valores intolerables en los dos pisos subsiguientes al piso del incendio, mientras que para un edificio que tiene conductos verticales de suministro y retorno de aire con ascensor y escalera, la concentración de humo puede ser detectada en todos los pisos, alcanzándose cifras menores tales como 91.6% del volumen del ducto de suministro a la altura del piso 20, habiéndose producido el incendio en el segundo piso.

Si a este último modelo mencionado se le agregan compuertas en la zona del incendio, la concentración de humo en los pisos superiores disminuye con respecto al caso anterior aún cuando se encuentran concentraciones de 38% en el último piso. En este caso, las escaleras y los ascensores se encuentran prácticamente libres de humo.

En un edificio con aire acondicionado central, en el cual al ocurrir un incendio, se mantiene funcionando el sistema, el suministro y el retorno afectan el patrón de humo en varias formas:

a) provee aire diluyente a todo el piso, reduciendo así la tasa de crecimiento de humo

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

b) debido a la alta temperatura, la tasa de suministro y retorno difieren, ocurriendo así una presurización en la zona incendiada

Para este modelo de edificio, se logran mantener libres de humo las cavidades de suministro y los pisos superiores al piso incendiado. Las cavidades de ascensores y escaleras, las que actúan como ductos de retorno, alcanzan grandes concentraciones de humo a lo largo de todo el edificio.

Si se mantiene funcionando el retorno en el modelo y se apaga el suministro, se crea una succión dentro del edificio. Esta depende de la tasa de aire expulsado y de la hermeticidad del edificio respecto al aire. Hay que tener en cuenta que cualquier cavidad en la pared exterior, causará una gran diferencia de presión a través de las paredes del ascensor y de la escalera, con el consecuente aumento de las concentraciones de humo en dichas aberturas.

Ahora bien, si se mantiene funcionando el suministro y el retorno se apaga, se logrará la presurización del edificio. Por ello se impedirá la propagación del humo dentro de él y al producirse una abertura en el piso del incendio, por ejemplo una ventana rota, habrá transmisión de humo hacia el exterior ventilandose el local incendiado, lo cual es muy recomendable.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

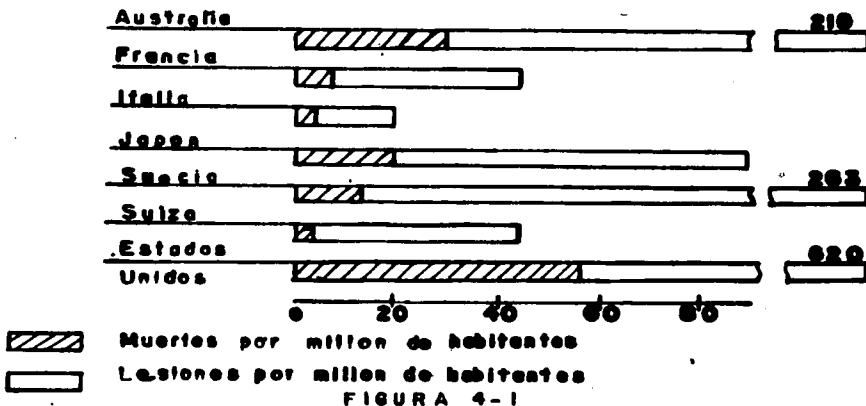
## CAPITULO 4

### PREVENCION DE LESIONES O MUERTES DEBIDAS AL FUEGO

La prevención de las lesiones o muertes debidas al fuego debe ser el primer objetivo de todo sistema de protección contra incendios. La seguridad de las vidas humanas es la primera consideración en todas las recomendaciones acerca de la protección contra el fuego.

Toda medida preventiva del fuego o encaminada a dominarlo y extinguirlo rápidamente, contribuye a la seguridad humana y a reducir el número de las personas lesionadas o muertas por su causa.

En la Figura 4-1<sup>6</sup> se muestran estadísticas sobre lesiones y muertes debidas al fuego, por millón de habitantes en algunos países.



6. Department of Labor USA. SEGURIDAD INDUSTRIAL. Ed. Herrera Hnos. pag. 25. México, 1969.

Además de las medidas generales para la salvaguarda de los bienes y de la propiedad, existen otras medidas especiales que deben adoptarse para proteger la vida de las personas. Las vías de escape son las más importantes. Esta importancia se va reconociendo poco a poco; sin embargo, las estadísticas de víctimas de fuego, demuestran que todavía son numerosos los edificios que carecen de vías de escape adecuadas.

Las medidas que restringen la propagación del fuego son primordiales. Las cavidades de escaleras y ascensores, así como otros elementos verticales que atraviesen las distintas plantas del edificio, deben hacerse de tal manera que el humo no las invada.

En muchos casos debido a la falta de planificación previa para enfrentar una situación de emergencia, se pierden muchas vidas. Deben elaborarse planes de acción que incluyan la manera de desalojar el edificio incendiado de una manera ordenada y eficaz, incluyendo además planes para desalojar a niños y personas incapacitadas. Estos planes deben llevarse a cabo con sus respectivas prácticas de salvamento.

#### 4.1 VIAS DE ESCAPE

Una vía de escape es un camino continuo para trasladarse desde cualquier punto de un edificio hasta el aire libre exterior, a nivel de la calle.

La vía de escape consta de tres partes separadas y distintas:

1. El acceso a la salida
2. La salida en sí
3. Los puntos de salida al exterior

4.1.1 El acceso a la salida. Es el tramo de la vía de escape que conduce a una salida. Puede tratarse de un pasillo, una azotea, etc. Su longitud establece la distancia a recorrer para alcanzar la salida, factor muy importante de los sistemas de evacuación puesto que un ocupante puede verse expuesto al fuego, durante el tiempo necesario para alcanzar la salida. La distancia media recomendada es de treinta metros, pero varía según el uso o destino del edificio, el peligro de incendio presente y la capacidad física y disposición mental de los ocupantes.

Por ejemplo, en los edificios en los que haya gran número de personas en una superficie abierta, o en donde las actividades que se realizan hagan deseable la existencia de una gran superficie abierta, la distancia a recorrer se mide desde el punto más remoto de la superficie hasta la vía de salida. También se aplica este concepto en los edificios de oficinas. En los edificios residenciales o en hoteles la distancia será medida, desde la puerta del apartamento o cuarto, hasta la vía de salida.

4.1.2 La salida. Es el tramo de la vía de evacuación que está separada de la zona del edificio de la cual debe salirse a través de muros, pisos, puertas u otros medios que protegen el recorrido para que los ocupantes se trasladen, con razonable grado de segu-



ridad al exterior del edificio. Esta puede comprender tramos y pasajes horizontales y verticales, tales como puertas, escaleras, escaleras mecánicas, rampas, pasillos, pasadizos y escapes de incendio.

4.1.3 El punto de salida al exterior. Es el tramo de la vía de evacuación comprendido entre la terminación de la salida y el exterior del edificio al nivel de la calle.

Idealmente todas las salidas de un edificio deberían desembocar al exterior, directamente o por medio de un pasadizo resistente al fuego. En realidad ésto no siempre se realiza, creándose un grave peligro al momento de ocurrir un incendio en el nivel de la calle, impidiendo a las personas procedentes de una salida que descargue en la planta baja, que puedan salir sin problemas a la calle.

Existe además otro problema y es en aquellos edificios en donde las escaleras de salida procedentes de los pisos situados por encima de la planta baja conducen a los sótanos. Los ocupantes que estén evacuando el edificio, corren el riesgo de pasar por alto la puerta que conduce al nivel de la calle y seguir bajando, presentándose la posibilidad de quedar atrapados.

#### 4.2 ILUMINACION DE SALIDAS

En los edificios en donde exista o no iluminación artificial, se requiere iluminación de señalización para las vías de escape y los caminos de acceso a las vías de salida para garantizar que

los ocupantes puedan evacuar rápidamente el edificio.

Esta iluminación debe realizarse por medio de luces im-  
puestas en los muros de los pasillos, a unos treinta centímetros  
del suelo, puesto que no es probable que a esta altura las luces  
queden obstruidas por el humo.

La iluminación de emergencia debe alimentarse de una fuente  
independiente del servicio normal de suministro al edificio, es  
decir, de una red de emergencia la cual además deberá alimentar  
otros sistemas que funcionarán al momento de producirse la emer-  
gencia.

En aquellos en que la iluminación de emergencia se alimente  
de baterías, deben existir instalaciones suficientes para mante-  
ner las baterías cargadas correctamente.

La iluminación de emergencia debe estar dispuesta de tal mo-  
do, que el nivel de iluminación necesaria en las vías de salida,  
se mantenga automáticamente en caso de fallo de la iluminación  
normal del edificio, sin que se produzca ninguna interrupción  
apreciable mientras se realiza el cambio de una alimentación a  
otra.

#### 4.3 SEÑALIZACION DE LAS VIAS DE SALIDA

Todas las vías de salida y caminos de acceso a las mismas,  
deben identificarse con señales fácilmente visibles. En lugares  
de reuniones públicas, hoteles, grandes almacenes y otros edifi-  
cios que estén ocupados temporalmente por un gran número de per-  
sonas, la necesidad de señalización será mayor que en edificios

en donde la misma cantidad de gente permanezca de una forma estable o semipermanente. Incluso en los edificios residenciales de estancia permanente, es necesaria la presencia de señales que identifiquen las instalaciones de salida, tales como escaleras que no se emplean usualmente durante las actividades normales que se desarrollan en su interior. También es muy importante que las puertas, pasadizos o escaleras que no reúnan las condiciones para considerarse vías de salida de emergencia, se identifiquen con señales que indiquen lo que se encuentre al otro lado de ellas o con palabras como NO HAY SALIDA.

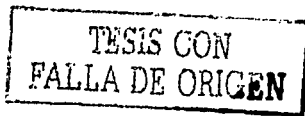
La señalización debe estar situada de tal modo y ser de dimensiones, color y aspecto tales, que permitan su fácil visibilidad,

#### 4.4 POSIBILIDAD DE ESCAPE

Al existir un incendio en una planta cualquiera de un edificio y el inmediato anuncio, mediante el sistema de alarma (sirenas, altavoces, etc.) y las luces de emergencia, trae como consecuencia en los ocupantes la reacción natural de buscar las vías de escape, produciéndose el pánico entre las personas.

El proyecto de las vías de evacuación debe tratarse como parte integrante del sistema global dirigido a obtener una razonable seguridad de las personas ante la amenaza del fuego. Estudios realizados han demostrado que existen ciertas características reproducibles en las corrientes de tráfico que forman las personas, al abandonar el edificio.

Como se explicó en el Capítulo 2, es necesaria la presuriza-



ción del edificio y evitar así la propagación del humo. Por lo tanto, se necesitan conocer algunas de las características mencionadas anteriormente, de tal manera que podamos conocer el tiempo de evacuación del edificio y, con ello, saber cuales serán las condiciones extremas durante el incendio. Esto nos dará las bases para el cálculo del sistema y el tiempo de funcionamiento del mismo.

#### 4.5 CALCULO DEL TIEMPO MINIMO DE EVACUACION

Cuando se proyecta un edificio, éste debe cumplir ciertas normas en lo referente a las "normas contra incendios". Las vías de escape deben tener cierta área de acuerdo al número de ocupantes. Para este cálculo se pueden utilizar dos métodos:

1. Método de tráfico
2. Método de la capacidad

4.5.1 Método de tráfico. Este método aplica el principio de la evacuación de un edificio en un plazo de tiempo especificado. Tradicionalmente el tráfico se ha fijado a razón de cuarenta y cinco personas por cada cincuenta y seis centímetros de anchura por minuto, a través de pasillos y puertas.

4.5.2 Método de la capacidad. Este se basa en el principio de que un edificio debe disponer de escaleras adecuadas y con capacidad suficiente para albergar a todos sus ocupantes sin necesidad de que se produzca movimiento, a través de la salida.

Es decir, las escaleras deben ser capaces de proporcionar refugio para todos los ocupantes, lográndose que las personas avancen de acuerdo a su capacidad física.

Como dijimos anteriormente, estos métodos deben tomarse en cuenta al momento del diseño o proyecto del edificio. Pero en edificios altos la propagación del humo puede ser mucho más rápida que el tiempo en que se évacúa el edificio, y no lograr el fin deseado por ellos.

Para los casos de edificios altos, se han hecho predicciones acerca del tiempo necesario para la evacuación de un edificio, siendo bastante aproximado el tiempo obtenido mediante maniobras de evacuación o simulacros.

En Canadá se han hecho simulacros de este tipo, obteniéndose resultados tales que 910 personas de un edificio de veinte pisos han evacuado a éste totalmente en 14 minutos, a partir del momento de la señal de alarma.

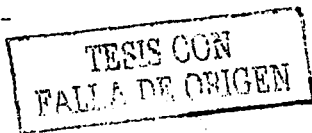
Para este caso es necesario hacer notar que no existía pánico pues no había ni fuego ni humo, y las personas presentes en el edificio estaban al tanto de lo que iba a suceder.

El tiempo de evacuación de un edificio puede ser calculado mediante la fórmula<sup>7</sup> siguiente:

$$T = \frac{N + n}{R}$$

ECUACION 6

7. Jensen, Rolf. FIRE PROTECTION FOR THE DESIGN PROFESSIONAL, Ed. Cahnners Books. Boston. 1978. pag. 148.



en donde:

T = tiempo de evacuación ( minutos )

N = número de personas evacuadas por cada escalera

n = número de personas por piso

R = relación de descarga de todas las unidades de salida del piso

Una fórmula similar será:

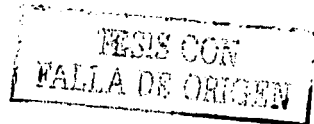
$$T = \frac{N + n}{r \times U} \quad \text{ECUACION 7}$$

en donde:

r = relación de descarga por escalera, expresado en personas por unidad de ancho de salida por minuto. Si la concentración de personas en el piso es menor o igual a "h" para  $3\text{ft}^2/\text{personas}$ , entonces  $r = 45$ . Esto es de acuerdo al método de tráfico.

Si el número de personas es mayor, entonces se selecciona un valor de "r" adecuado a la Tabla 3, dependiendo de la concentración efectiva expresado en unidades de área por persona en la escalera. La concentración de personas en la escalera, se determina dividiendo el área horizontal de las escaleras y descansos entre cada piso y el inmediato por debajo, por el número de personas en el piso.

U = número de unidad de ancho de salida



A continuación se enumera el cálculo del tiempo de evacuación teórica aproximada en un edificio alto.

a) Dato:

1. Número de pisos (H)
2. Area de la escalera por piso ( $A_{ep}$ )
3. Número de personas en el edificio (M)

b) Se necesita calcular:

1. Area total de las escaleras ( $A_t$ )

$$A_t = A_{ep} \cdot (H-1) \quad \text{ECUACION 8}$$

2. Número de personas promedio por piso (n)

$$n = \frac{M}{H} \quad \text{ECUACION 9}$$

3. Area de escalera por persona (h) o concentración

$$h = \frac{A_t}{N} \quad \text{ECUACION 10}$$

4. Con el valor de "h" en la Tabla 3 se obtiene el valor de "r" o relación de descarga

5. El valor de "u" se obtiene de la siguiente manera:

Para una escalera "u<sub>1</sub>" será:

$$u_1 = \frac{\text{ancho de la escalera.}}{\text{u.a.s.*}}$$

\* u.a.s. = unidad de ancho de salida

en donde u.a.s. tiene un valor establecido de 22" o 56 cms.

Si existe más de una escalera el valor de "u" será:

$$U = u_1 \cdot (\text{número de escaleras})$$

6. Tiempo de la escalera (T). Sustituimos los valores en la Ecuación 7

7. Tiempo total (T<sub>t</sub>) será el valor de la suma de todos los tiempos de escalera. A este tiempo se le puede sumar una constante aproximada de un minuto, lo cual es tiempo suficiente para llegar a la escalera.

La experiencia indica que existen varios factores que escapan al cálculo matemático y por ello se debe tomar en cuenta un factor de seguridad. Este factor se multiplicará por el valor del tiempo total, obteniéndose de esta manera un resultado mucho más aproximado. Este factor puede variar entre 1.5 y 2.0.



TABLA 3<sup>8</sup>

RELACION ENTRE CONCENTRACION DE PERSONAS EN LAS ESCALERAS  
Y DESCARGA RESULTANTE DE LA ESCALERA

CONCENTRACION		RELACION DE DESCARGA	CONCENTRACION		RELACION DE DESCARGA
m <sup>2</sup> /pers.	pie <sup>2</sup> /pers.	$\frac{\text{personas}}{\text{u.a.s./min}}$	m <sup>2</sup> /per.	pie <sup>2</sup> /per.	$\frac{\text{personas}}{\text{u.a.s./min}}$
0.1858	2.0	0	0.696	7.5	37
0.2324	2.5	39	0.7432	8.0	35
0.2787	3.0	45	0.7896	8.5	33
0.3251	3.5	43	0.8361	9.0	31
0.3716	4.0	43	0.8825	9.5	30
0.4180	4.5	43	0.9290	10.0	29
0.4665	5.0	43	1.02	11.0	26
0.5570	6.0	43	1.2077	13.0	22
0.6503	7.0	39	1.3900	15.0	19

4.6 ANALISIS DEL TIEMPO DE EVACUACION

Una vez calculado el tiempo de evacuación podremos hacer un estudio de este valor desde el siguiente punto de vista:

1. Si el tiempo calculado es menor de 1/2 hora, se puede decir que es un tiempo bastante aceptable. Es aceptable ya que el sistema de seguridad diseñado no permitirá que el fuego y el humo alcancen otros compartimientos.

2. Si el tiempo calculado es mayor de 1/2 hora, habrá que hacer modificaciones de diseño de las escaleras. Esto se debe a

8. Jensen, Rolf. FIRE PROTECTION FOR THE DESIGN PROFESSIONAL.  
Ed. Cahners Books. Boston.1978. pag. 165.

la dificultad que existe en variar el número de pisos, ancho de las escaleras o el número de personas que ocuparán el edificio.

Para reducir el tiempo de evacuación de un edificio, es recomendable que los ocupantes sepan que hacer o mejor dicho hacia donde ir en el caso de presentarse una emergencia.

Para lograr lo anterior es necesario instruir a los ocupantes y enseñarles en donde y en que forma se desaloja el edificio, pues durante una evacuación es muy importante la organización. Mientras más ordenada y organizadamente se realice la evacuación, ésta será más rápida.

Las salidas normales tanto como las de emergencia, deben estar bien señaladas y además, libres de obstáculos.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## CAPITULO 5

### METODOS Y SISTEMAS PARA LA EXTINCION Y CONTROL DE UN INCENDIO

Como se dijo en el Capítulo 1, para que se produzca un incendio deben haber tres elementos básicos y además transferencia de calor o de masa. Para extinguirlo, se deberá eliminar uno de los elementos del triángulo del fuego.

La combustión se puede definir como una reacción consistente en la continua combinación de un combustible con ciertos elementos, entre los cuales predomina oxígeno libre o combinado.

La combinación anterior (combustión) se da también en otros elementos como el flúor y el cloro. La propiedad común es que son exotérmicas, convierten la energía química en energía térmica. Existen materias que expuestas a temperaturas elevadas se descomponen por sí solas, emiten luz y calor como en el caso del ozono y algunos otros.

En el caso que nos ocupa, estos tipos de combustión no serán estudiados.

#### 5.1 METODOS PARA LA EXTINCION DE INCENDIOS

Estudios hechos por "The National Fire Protection Association" (NFFA) en los Estados Unidos y Canadá, han demostrado que existen cuatro métodos fundamentales y muy comunes en la extinción de incendios.

- a. Extinción por enfriamiento
- b. Extinción por dilución de oxígeno

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

c. Extinción por eliminación del combustible

d. Extinción por inhibición química de las llamas

5.1.1 La extinción por enfriamiento es la más usual y de mejor rendimiento al momento de un incendio. Por otro lado, son las más económicas.

Este método consiste en enfriar los materiales combustibles, es decir, reducir su temperatura por debajo de la temperatura de ignición.

5.1.2 La extinción por dilución de oxígeno es bastante más complicada ya que requiere eliminar el oxígeno libre para extinguir de esta manera el fuego. El riesgo al utilizar este método es que en atmósferas pobres de oxígeno, en donde una combustión se realiza, puede dar origen a gases inflamables los cuales constituyen un peligro de explosión.

Un ejemplo típico y eficaz del método por dilución de oxígeno, es el caso de los extinguidores portátiles cargados con dióxido de carbono. Si se aplican adecuadamente se logra un equilibrio energético negativo inhibiendo la combustión.

5.1.3 La extinción por eliminación del combustible consiste en aislar o separar el material combustible de la fuente de calor. La eliminación del combustible puede lograrse directamente, apartando del fuego el material combustible o indirectamente, separando por algún procedimiento los vapores del combustible en la com-

bustión con llama o en la que se verifica sin llama, cubriendo el combustible incandescente. .

5.1.4 Por último, tenemos el método inhibición química de la llama la cual sólo es aplicable a los casos de combustión con llamas.

## 5.2 SISTEMAS QUE EMPLEAN EL METODO DE EXTINCION POR ENFRIAMIENTO

Estos sistemas se han venido desarrollando desde principios de la segunda mitad del siglo pasado. Se han desarrollado sistemas cada vez más sofisticados a medida que se ha ido conociendo mejor la naturaleza del fuego. Esto ha dado como resultado la creación y sofisticación de una serie de sistemas.

Entre los sistemas más conocidos que emplean este método tenemos:

- a. Sistemas de extinguidores portátiles
- b. Sistema de mangueras
- c. Sistema de lluvia artificial

5.2.1 Sistemas de extinguidores portátiles. Generalmente el comienzo de un incendio es de pequeñas proporciones. Si se cuenta con la cantidad suficiente del agente extintor adecuado, se podría apagar sin que cause daños mayores.

Por lo expuesto anteriormente es necesario contar con equipo adecuado, el cual pueda ser aplicado con rapidez. Este equipo lo constituyen los extinguidores portátiles, los que llegan a formar

la primera línea en la batalla contra el fuego.

Existen dos tipos de extinguidores a base de agua; ellos son: extinguidores de presión incorporada y extinguidores de bomba. El primer tipo consiste en un recipiente o cuerpo único que contiene el agua y el gas comprimido. El tipo más común es el de diez litros, pesa alrededor de catorce kilogramos y el chorro concentrado alcanza entre 10 y 12 metros. Cuenta con la ventaja de poder actuar intermitentemente, es decir, cerrar y abrir la válvula de descarga cuando sea necesario, sin que se obstruya la salida del agua.

Empleándolo en forma continua, se descarga en un minuto aproximadamente. Las presiones de carga para éstos, varía entre seis y nueve Kg/cm<sup>2</sup>.

Los extinguidores de bomba manual son los más sencillos que existen pues consisten en recipientes cilíndricos con asas para poder transportarlos.

Para descargar el agua sobre el fuego, se utiliza una bomba de pistón vertical operada manualmente y a la que se conecta una manguera de goma con su boquilla. La bomba debe ser de doble acción para que el chorro de agua sea continuo.

El alcance y tiempo de descarga dependen considerablemente de quien opere la bomba.

5.2.2 Sistema de mangueras. Este sistema consta de una manguera, que puede llegar a tener hasta 30 metros de longitud, acoplada a una lanza abierta (boquilla). Debe tenerse cuidado en la longitud de la manguera, pues en ésta pueden producirse pliegues

excesivos y otros inconvenientes durante su empleo.

El diámetro más común de estas mangueras es de 1 1/2" y son de material ligero con cubierta tejida y forro interno de caucho, pues producen mucho menos pérdida por fricción.

Existen las mangueras de 2 1/2" las cuales son utilizadas por bomberos y personal entrenado en la extinción de incendios.

Este sistema es bastante eficiente debido a que se pueden descargar alrededor de 400 litros por minuto, con una manguera de diámetro de 1 1/2". El suministro debe estar garantizado por lo menos 30 minutos.

Dentro de estos sistemas podemos incluir también las llamadas "tomas de agua". Estas tomas de agua sirven para que el personal entrenado en la extinción de incendios, conecte mangueras a través de las cuales se dirigirá el agua hacia el incendio.

Estos sistemas son más costosos que el de extinguidores, pero se maneja mucho más volumen de agua. Estos pueden ser sumamente necesarios al momento de extinguir un incendio.

5.2.3 Sistema de lluvia artificial. Este sistema consiste en inundar todo un sector en un incendio, por medio de boquillas a través de las cuales pasa el agua. Debido a la fuerza con que sale el agua de la boquilla se cubrirá cierta área.

El tipo más conocido es el sistema de rociadores en el cual el chorro de agua que sale a través del edificio del rociador, choca directamente contra una placa deflectora, que está unida a la estructura o cuerpo del rociador. Al pasar el agua a través

de la boquilla, choca contra el deflector y ésta se esparce en forma de lluvia al rebotar contra él.

Por ejemplo, la presión para obtener una acción eficaz del caudal es de 0.5 Kg/cm<sup>2</sup> (7Psi). A esta presión, un rociador que tenga un orificio de 1/2 nominal; descargará 57 lts/min (15gpm) y cubrirá una superficie superior a los 9 m<sup>2</sup>.

### 5.3 SISTEMAS AUTOMATICOS DE ROCIADORES

Se puede definir un sistema de éstos, como un conjunto de tuberías interconectadas y de diferente diámetro a las cuales están conectados los rociadores. El sistema es alimentado por agua proveniente de una fuente segura tal como un tanque, el sistema de la calle, etc.

Estos sistemas constan tanto de detectores de humo como de temperatura, los cuales al existir una señal de incendio, la detectan y envían la señal con la cual el sistema comienza a rociar el agua para tratar de combatir el fuego.

Gracias a lo anterior es la forma más eficiente de esparcir el agua al momento de ocurrir un incendio, lo cual podría hacerse muy dificultoso si se quiere realizar con mangueras u otro medio en el cual el agua sea el responsable de sofocar las llamas. Es también un sistema con alto grado de rendimiento y además, es de los más accesibles en cuestión de precio dentro de la gama de diseños para la protección contra incendios.



#### 5.4 TIPOS DE SISTEMAS DE ROCIADORES

Los sistemas de rociadores están clasificados actualmente en seis tipos básicos, aunque existen otros llamados no normalizados, los que se proyectan para aplicaciones especiales.

Los principales tipos de sistemas de rociadores son:

- a. Sistemas de tubería húmeda
- b. Sistemas de tubería seca
- c. Sistemas de acción previa
- d. Sistemas de diluvio
- e. Sistemas combinados de tubería seca y de acción previa
- f. Sistemas de suministro limitado de agua

5.4.1 Sistemas de tubería húmeda. En estos sistemas la tubería que alimenta a los rociadores está siempre cargada de agua. Al declararse un incendio, los rociadores se van activando separadamente al recibir la señal de calor. El agua comienza a fluir a través de ellos inmediatamente, logrando combatir el incendio.

La principal ventaja de este sistema es la descarga inmediata del agua sobre el fuego, logrando una acción rápida en el combate de las llamas.

Entre las desventajas de este sistema, está la de la corrosión en la tubería. Esta corrosión hace que aumente el coeficiente de rugosidad de la tubería, por lo que al entrar en funcionamiento no dará el rendimiento esperado.

Otro problema es la limpieza de la tubería ya que debe tener un mantenimiento periódico para evitar malos olores en el

agua estancada dentro de ésta y en el tanque de almacenamiento de agua.

5.4.2 Sistemas de tubería seca. En estos sistemas los rociadores están acoplados a una tubería que está seca, es decir, no contiene agua. Dentro de la tubería se mantiene gas nitrógeno o aire a presión ; al abrirse la válvula del rociador por el efecto del calor, el gas se escapa, varía la presión y abre de inmediato la válvula que permite el paso del agua hacia la tubería, para luego seguir a través de los rociadores que estén abiertos.

Este sistema es algo lento debido a que es mucho mayor el tiempo transcurrido, desde que se detecta la señal de calor hasta que el agua cae sobre la fuente de ignición.

Este sistema es más sofisticado que el de tubería húmeda y de mayor costo, pues requiere el uso de un compresor para mantener la presión de la tubería.

Estos sistemas se instalan solamente cuando no se pueden instalar los de tubería húmeda.

5.4.3 Sistemas de acción previa. Son sistemas de tubería seca en los que el aire puede o no estar a presión. Constan de dispositivos detectores suplementarios, los que al recibir la señal de incendio abren de inmediato la válvula que permite el paso de agua al sistema de tubería. Como los rociadores están cerrados no permitirán el paso de agua a través de ellos, sino hasta que la señal de calor los active y se abran. El agua saldrá por los



rociadores que se vayan abriendo al detectar la señal de calor producida por el fuego.

Estos sistemas son utilizados principalmente en la protección de instalaciones en donde existe el peligro de que el agua cause serios daños, como resultado de fugas accidentales por averías en rociadores automáticos o rotura de alguna tubería.

Los sistemas de acción previa o preacción tienen una serie de ventajas sobre los dos sistemas anteriores. Por ejemplo, tienen la ventaja sobre el sistema de tubería seca que la válvula que permite el paso de agua hacia el ramal de alimentación de los rociadores, es abierta bastante antes de lo que sería en el sistema de tubería seca, pues el detector instalado para sistemas de acción previa está graduado por debajo de el de los rociadores o es un detector de humo.

Este detector periférico además puede dar la señal para activar todo el sistema contra incendio y determinar en una caja de control cual es el detector activado.

5.4.4 Sistemas de diluvio. Estos son los sistemas iguales a los sistemas de acción previa excepto que los rociadores están siempre abiertos. Cuando se detecta el calor del fuego se activa el sistema y el agua que fluye a través de la tubería pasa por los rociadores hacia la zona protegida por el sistema.

5.4.5 Sistemas combinados de tubería seca y de acción previa. Este sistema combina las características esenciales de los dos

tipos mencionados. Como es de tubería seca, el sistema está lleno de nitrógeno o aire a presión.

Al recibirse la señal en el detector, se acciona de inmediato la válvula que permite el paso de agua hacia los diferentes ramales de la tubería y abre un expulsor de aire situado al extremo de la conducción principal de alimentación. Seguidamente el sistema se llena de agua y funciona igual que un sistema de tubería húmeda. En caso de fallar el detector periférico, el sistema funcionará como el de la tubería seca.

Estos sistemas son bastantes más caros que los anteriores y sólo son usados en la protección contra incendios en donde existe equipo electrónico de gran valor y debe evitarse el contacto con el agua, hasta el último momento.

5.4.6 Sistemas de suministro limitado de agua. Estos sistemas consisten en rociadores automáticos montados en la forma normal, en cuanto a la tubería y a las distancias, pero el suministro de agua es reducido.

Todos los sistemas descritos deberán funcionar a presión al momento de instalarlos en un edificio alto, por lo que es necesario el uso de bombas para hacer llegar el agua hasta los rociadores y caer sobre el fuego. Es de hacer notar que el tanque que surte a los rociadores debe tener el volumen necesario como para mantener funcionando el sistema por media hora.

La presión en el sistema debe estudiarse detalladamente, para que no quede ningún rociador sin funcionar o que el agua no sal-

ga con suficiente fuerza como para alcanzar el área incendiada. Es por ello que las bombas de estos sistemas deben llevar un mantenimiento adecuado y obligado, pues al momento de un incendio puede suceder que no funcione debido al tiempo en que no han sido usadas.

Cuando se va a diseñar una instalación de un sistema contra incendios, se debe tomar en cuenta el riesgo de que un incendio ocurra y los materiales combustibles presentes.

Con base en lo anterior, se escogerá el tipo más adecuado o cualquier otro sistema como podría ser el dióxido de carbono, polvos químicos, etc.

#### 5.5 TUBERIA PARA ROCIADORES

Las líneas a que se acoplan directamente los rociadores se llaman tuberías de rociadores o ramales. La tubería que alimenta directamente a los ramales se denomina conducción transversal o línea de cruce. La tubería que alimenta a las conducciones transversales se le denomina conducción principal de alimentación.

Los ramales de sistemas de tuberías no deben tener más de ocho rociadores a cada lado de la línea de cruce.

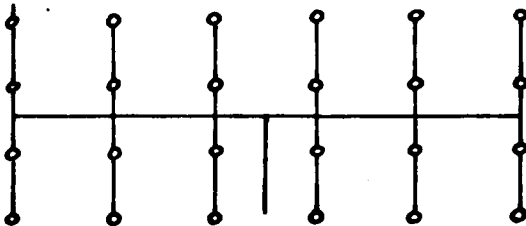
Han sido establecidos cuatro tipos de configuraciones en las tuberías de alimentación de los sistemas de rociadores.

El ramal de alimentación central (Figura 5-1 A) tiene la ventaja de proveer el agua de una manera uniforme. Se debe tratar de instalar este tipo la mayoría de las veces. Si esto no se puede realizar, entonces se utilizará el ramal denominado de alimentación

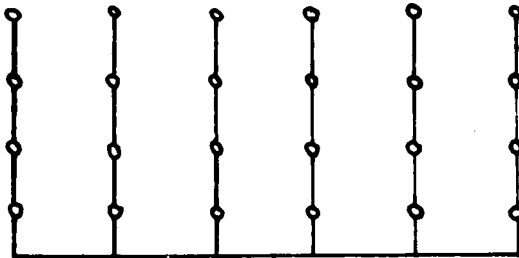
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

lateral central (Figura 5-1 B) pues ésta es la forma más uniforme de suministrar el agua a los rociadores.



**FIGURA 5-1A**



**FIGURA 5-1B**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El denominado central en un extremo (Figura 5-1 C), seguirá si no puede ser instalado alguno de los ramales anteriores. Por último, el ramal de alimentación lateral en un extremo (Figura 5-1D) el cual se utilizará como última opción.

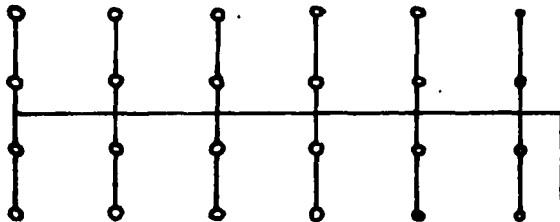


FIGURA 5-1C

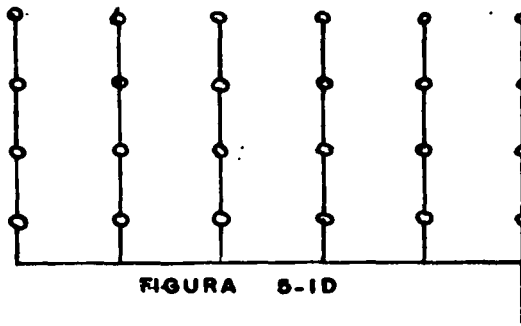


FIGURA 5-1D

## 5.6 CONTROL DE HUMO

En el interior de un edificio es posible regular el movimiento del humo, su retención en espacios cerrados o ambas cosas. Los métodos de manipulación del humo son el de dilución, expulsión y retención.

El método de dilución consiste en expulsar el humo por los conductos de desahogo normales, diluyéndose los efectos y los productos de la combustión hasta que deja de ser un problema.

Este método puede tener éxito si se introducen cantidades masivas de aire sin contaminar.

El método de extracción consiste en el empleo de medios mecánicos para expulsar el humo, especialmente en edificios altos o en espacios subterráneos. Una de las vías más adecuadas para expulsar el humo al exterior del edificio es el llamado pozo o torre de humos. Se trata de un conducto vertical que atraviesa el edificio y que desemboca por encima de la cubierta.

El objetivo de la extracción de humo consiste en rebajar la concentración de contaminantes hasta el nivel de tolerancia humana.

El método de confinamiento consiste en crear una barrera que impida el paso del humo y lo deje encerrado en el sector en que se desarrolla el fuego.

Combinando los métodos de extracción y confinamiento, se puede obtener un sistema mucho más eficiente que cualquiera de los anteriores y se podrían instalar sistemas que utilicen este método en edificios ya construídos con sólo realizar algunas modificaciones.



Como se vió en el Capítulo 2, la combinación del método de extracción y confinamiento, ayudados por la presurización es un método para desarrollar un sistema mucho más eficiente y confiable, ya que al suministrar aire a cierta presión se le impedirá al humo que invada las vías de escape u otros sectores.

## 5.7 TIPOS DE DETECTORES

Existen en el mercado varios tipos de detectores pero sólo nos referiremos a los más comerciales. Ellos son:

- a. Detectores de calor
- b. Detectores de ionización
- c. Detectores de humo
- d. Detectores de llama

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

5.7.1 Detectores de calor. Se entiende por detector de calor o térmico, los elementos que responden a aumentos de temperatura dentro de ciertos límites prefijados y que por consiguiente detectan la presencia de calor.

Pueden obtenerse dos versiones de éstos: temperatura fija y el de temperatura fija y relación de cambio.

5.7.2 Detectores de ionización. Es aquel elemento que responde a la presencia de humo aún antes de que éste sea visible, es decir, de detección temprana.

5.7.3 Detectores de humo. Este tipo de detector se activa ante la presencia de humo, cuando su concentración es igual o superior

a la capacidad programada en el detector (normalmente es de 1.5%).

5.7.4 Detectores de llama. Estos son detectores ópticos y están basados en la detección de la luz ultravioleta que es desprendida al momento del fuego.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO 6

### SISTEMA GENERAL DE CONTROL

El sistema que será diseñado a continuación puede ser utilizado en cualquier tipo de instalación, es decir, se puede instalar en edificios para oficinas, edificios residenciales, hospitales, hoteles, almacenes, etc.

La diferencia entre un tipo y otro de sistema va a ser únicamente la cantidad de equipo requerido. Por ejemplo, habrá distinta cantidad de detectores de acuerdo al área que se desea cubrir, los ventiladores para la presurización de las fosas variarán su capacidad de acuerdo al volumen de aire requerido, etc.

Este sistema será diseñado para el edificio de la Biblioteca de la Universidad Anáhuac.

#### 6.1 COMPONENTES

Los componentes que serán utilizados, se dividirán en dos grupos:

1. Para cada piso
2. Generales

1. Para cada piso.

- a) Detectores de humo
- b) Sistema de rociadores o de manguera
- c) Alarma de pantalla y parlante
- d) Compuertas en el ducto de suministro y de retorno
- e) Difusores al exteriores
- f) Luces de emergencia



DIAGRAMA DEL SISTEMA PARA EL CONTROL DE INCENDIOS

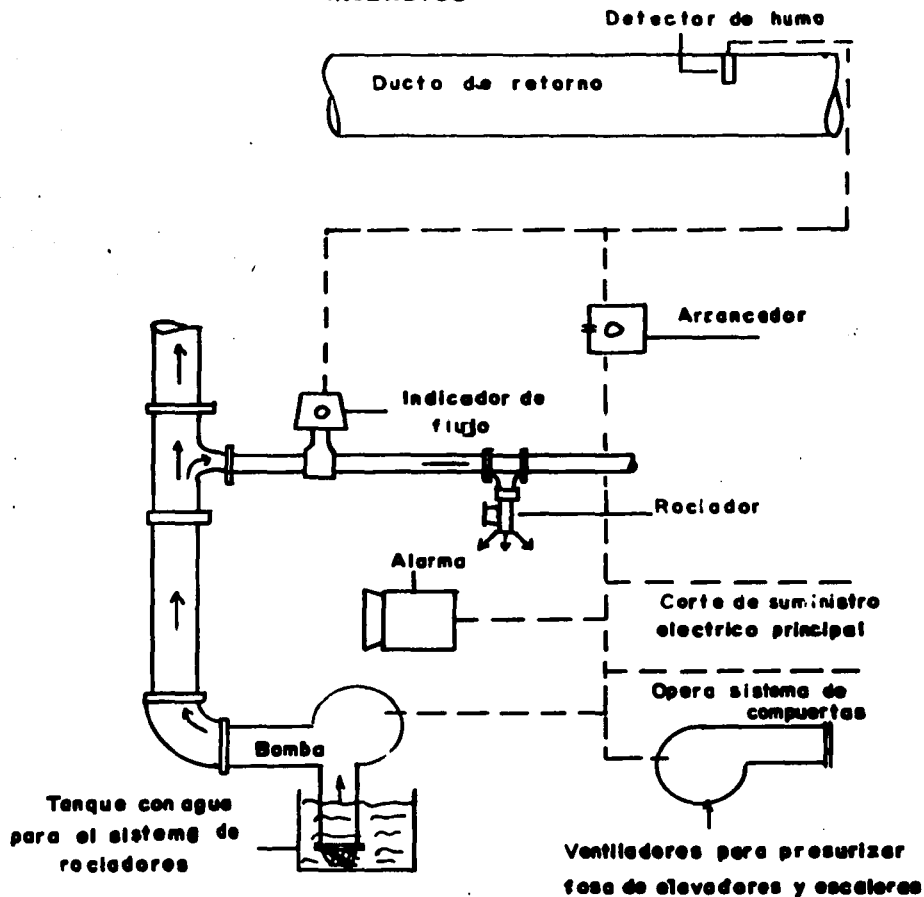


FIGURA 6-1

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2. Generales

- a) Arrancador del sistema de control
- b) Bomba y tanque para el sistema de rociadores
- c) Ventiladores de tiro forzado para presurizar las fosas de escaleras y elevadores
- d) Alarma general. Puede ser local y remota

6.2 FUNCIONAMIENTO

De acuerdo al tipo de funcionamiento que se desee, los incendios pueden dividirse en dos tipos:

1. Aquellos en los que al principio del incendio se eleva bruscamente la temperatura y hay poca producción de humo.

2. Los incendios en los que al principio existe gran cantidad de humo y poca variación de la temperatura, como es el caso de la combustión de plásticos.

1. Primer caso.

El sistema funcionará de la manera siguiente:

- a) El rociador tiene un sensor de temperatura que permite abrir una válvula ocasionando una caída de presión en el sistema de rociadores
- b) El indicador de presión colocado en la tubería de rociadores envía una señal eléctrica al detectar la variación en la presión
- c) La señal eléctrica enviada por el indicador opera un arrancador, comenzando a operar el sistema

- d) El mismo arrancador pone en funcionamiento todas las alarmas, luces de emergencia, bomba de agua para el sistema de rociadores, ventiladores para presurizar las fosas de elevadores y escaleras, y por último, el sistema de compuertas será activado
- e) La señal enviada por el indicador se encargará de accionar los contactores para suspender el suministro emergencia para suministrar la energía necesaria para el total funcionamiento del sistema automático de control

## 2. Segundo caso.

Debido a la gran producción de humo, el sistema funcionará de la siguiente manera:

- a) Los sensores de humo colocados en los ductos de retorno detectan la concentración de humo y envían una señal eléctrica que pone a funcionar el sistema, al igual que en el primer caso. El agua aún no sale a través de los rociadores porque éstos no han llegado a la temperatura a la cual están graduados para abrir la válvula. Como se puede observar, existe la ventaja de evitar que entren en funcionamiento rociadores innecesarios, los cuales pueden dañar documentos, muebles, libros, etc. Los ventiladores para la presurización moverán la masa de aire a través de ductos con la finalidad de repartir el aire equitativamente, logrando de esta manera mantener el

mismo diferencial de presión desde el primer hasta el último piso. Se logra de este modo mantener libre de humo las vías de escape

- b) Hasta el momento el humo no ha llegado a invadir los demás pisos, pero ¿cómo se lograría que el humo no llegara a ellos?. Siempre existen filtraciones entre pisos por lo que el humo, puede llegar a invadir todo el edificio

### 6.3 SISTEMA DE COMPUERTAS

Para evitar que el humo invada los demás pisos durante un incendio, es necesario presurizar los pisos con aire. En los edificios que cuentan con suministro de aire del tipo central, se emplearán compuertas en los ductos de suministro y retorno de aire.

#### 6.3.1 FUNCIONAMIENTO

Al recibirse la señal de incendio en un determinado piso de un edificio, el sistema de compuertas operará de la siguiente manera:

- a) En el piso incendiado se cerrarán, tanto las compuertas en los ductos de suministro como en los ductos de retorno. Se abrirá al mismo tiempo una rejilla del tipo difusor, normalmente cerrada, por la cual se ventilará el local hacia el exterior
- b) En todos los demás pisos se cerrarán las compuertas de retorno manteniéndose abiertos los de suministro para así

lograr la presurización del edificio e impedir que el humo se propague al resto del mismo

Es necesario resaltar lo indispensable de la ventilación hacia el exterior del piso incendiado y si fuese posible de cada área.

#### 6.4 SISTEMA AUTOMATICO DE CONTROL

El sistema descrito a continuación se hará para un edificio de tres pisos ya que no existe problema alguno en realizarlo para edificios de más pisos. Además se realizarán diagramas para mostrar el circuito elemental de control.

##### 6.4.1 FUNCIONAMIENTO

Al ser detectada una señal de incendio por el sistema, éste cierra el circuito eléctrico.

Por ejemplo, digamos que el incendio es en el piso 2, el sistema operará de la siguiente manera:

- La bobina del relé R2, se energiza ocasionando el cierre de todos los contactos CR2 (Figura 6-2). Esto hace que las bobinas de los relés RS2 y RA se cargen.
- La señal del relé RS2 permite que se cierren las compuertas en los ductos de suministros y además que operen los motores que abren los difusores al exterior, también en el piso incendiado. Por su parte, al energizarse la bobina del relé RA permitirá cerrar los contactos CRA. Al cerrarse los contactos CRA sucederá lo siguiente:





SISTEMA AUTOMATICO DE CONTROL

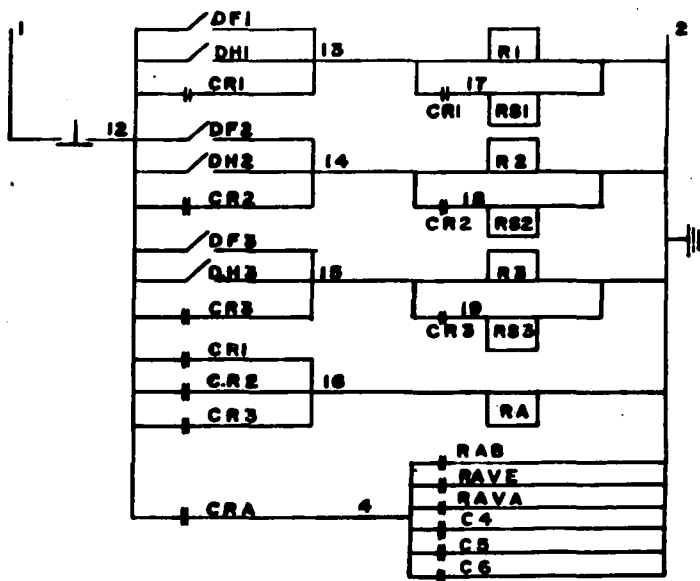


FIGURA 6-2

- DH = DETECTOR DE HUMO
- DF = DETECTOR DE FUEGO
- CR = CONTACTOS DEL RELE
- R = RELE
- RS = RELE PARA CERRAR DUCTOS DE SUMINISTRO
- RA = RELE AUXILIAR
- CRA = CONTACTOS DEL RELE AUXILIAR

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

- a) La bobina del relé RAB se energiza ocasionando el cierre de los contactos CRAB que arrancan el motor de la bomba que suministrará el agua al sistema de rociadores (Figura 6-3)
- b) Se energiza la bobina del relé RAVE y se cierran los contactos CRAVE arrancando el motor del ventilador que servirá para presurizar la cavidad de las escaleras
- c) La bobina del relé RAVA se carga y cierran los contactos CRAVA, arranca el motor del ventilador que servirá para presurizar la cavidad de los elevadores
- d) Cierre de los contactos C4. Operan los motores que cierran las compuertas en todos los ductos de retorno
- e) Cierre de los contactos C5. Activa el sistema de luces de emergencia y el sistema de alarma, tanto remota como local
- f) Cierre de los contactos C6. Desconecta el suministro de energía eléctrica al edificio y sólo queda conectada la red de emergencia

Si se detecta una señal de incendio en otro piso del edificio incendiado, sólo actuará el sistema operando los motores de las compuertas en los ductos de suministro y abrirá los difusores al exterior del piso.

El sistema consta además de un interruptor general que permite la desconexión general de éste, en cualquier momento.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# CIRCUITO ELECTRICO DEL SISTEMA AUTOMATICO DE CONTROL

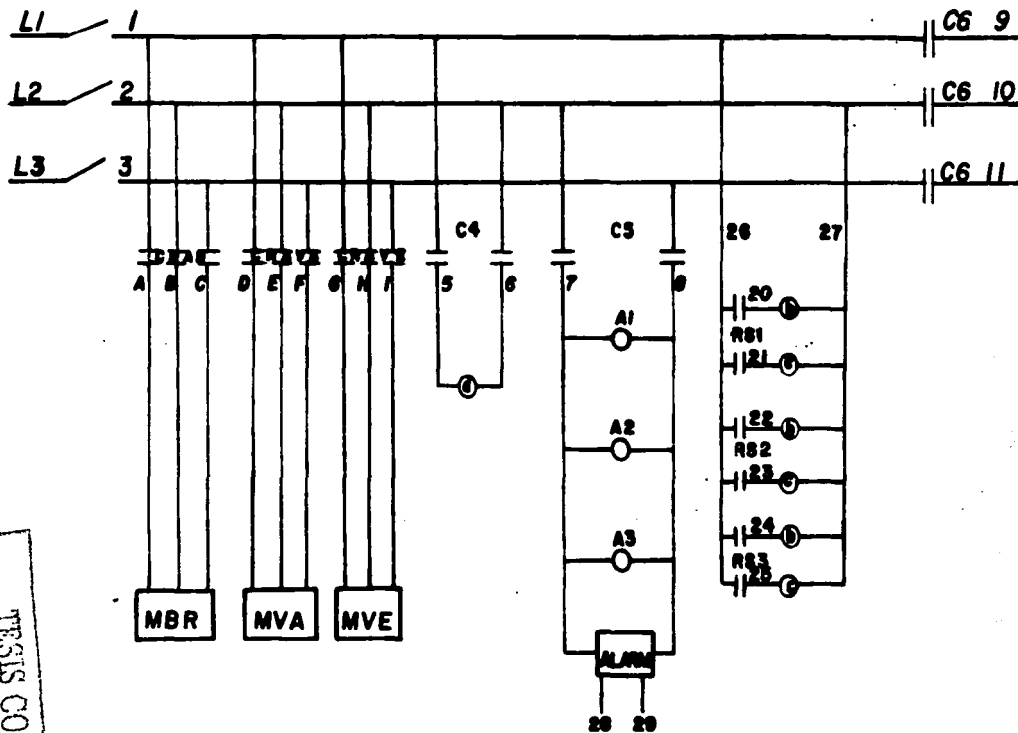


FIG. 6-3

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Es necesario que todos los elementos del sistema, excepto luces de emergencia y parlantes, se encuentren en una sala de control central.

En la Figura 6-4 se muestra el diagrama descriptivo del sistema automático de control.

Como se observa, al recibirse la señal en el detector de fuego o en el detector de humo, se activa el sistema enviando la señal a la sala de control para así ubicar el sitio exacto del incendio. Al mismo tiempo la señal recibida en cualquiera de los detectores activa el motor que cierra el ducto de suministro y abre la ventanilla difusora al exterior.

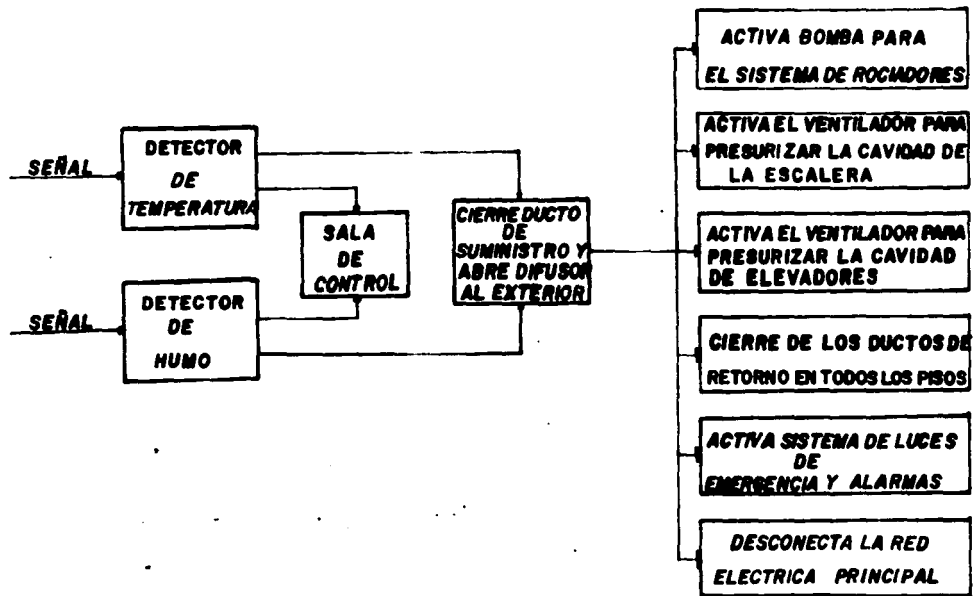
Seguidamente se activan todos los demás sistemas auxiliares que servirán para el control de incendio, alarmas, luces de emergencia, cierre de los ductos de retorno en todos los pisos y, por último, se desconecta la red principal de energía eléctrica.

La velocidad de respuesta del sistema es instantánea ya que al recibirse la señal en cualquier detector, el sistema actúa de inmediato.

En la Figura 6-5 se muestra la conexión del sistema eléctrico y en la Figura 6-6 la conexión de los accesorios en los diferentes pisos del edificio.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# DIAGRAMA DEL SISTEMA AUTOMATICO CONTRA INCENDIOS

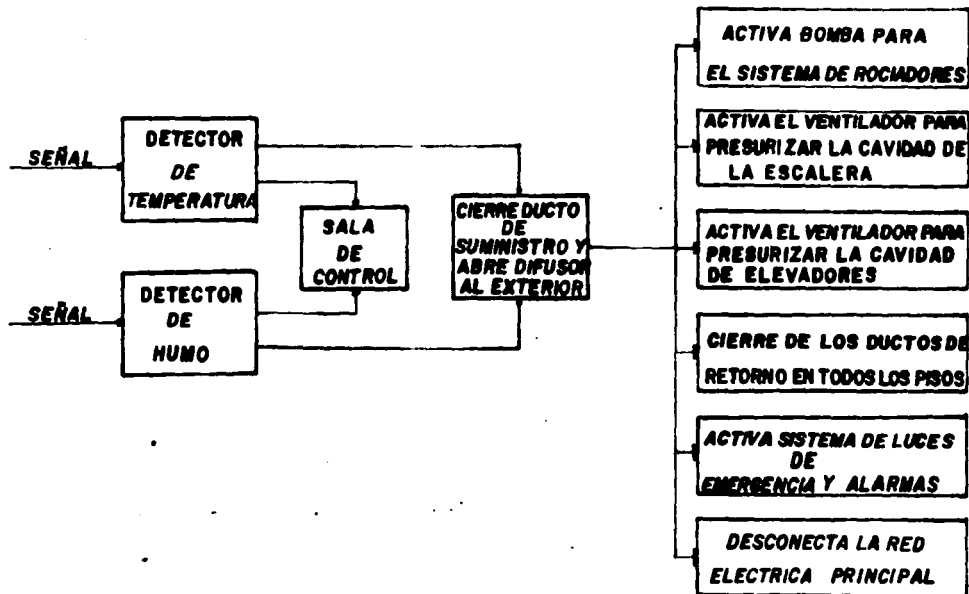


-95-

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 6-4

# DIAGRAMA DEL SISTEMA AUTOMATICO CONTRA INCENDIOS



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 6-4

## CONEXION DEL SISTEMA ELECTRICO

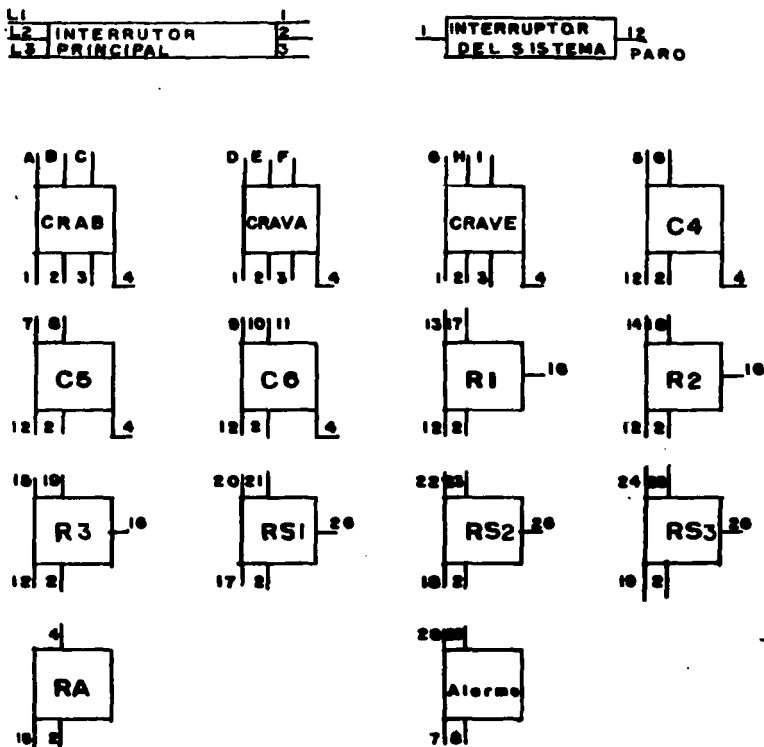


FIGURA 6-5

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

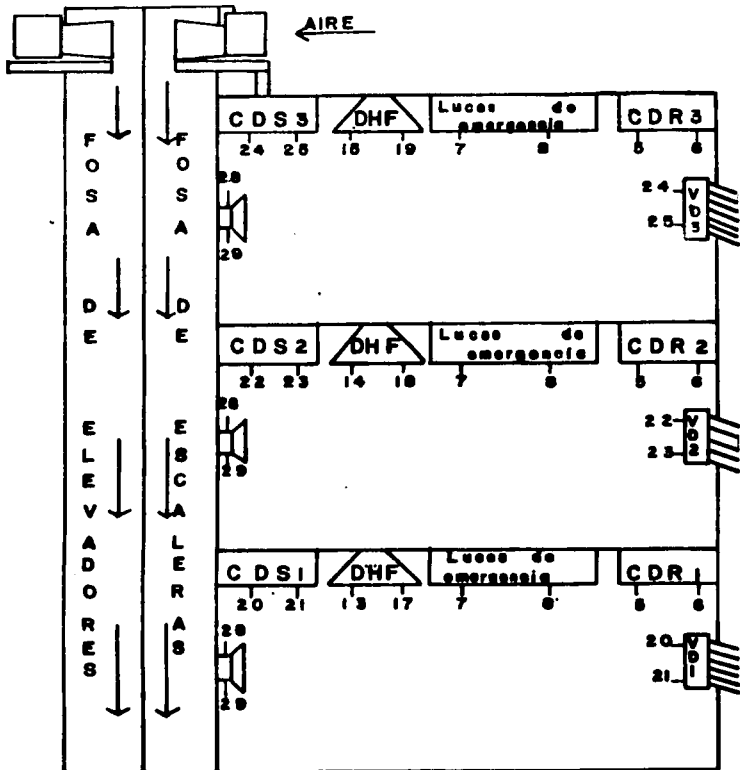


FIGURA 6-6

CONEXION DE LOS ACCESORIOS

- CDS Cierre Ducto de Suministro  
 CDR Cierre Ducto de Retorno  
 VD Ventanilla Difusora  
 DHF Detector de Fuego o Humo

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



## 6.5 CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS ESCOGIDOS

El sistema automático de control relaciona una serie de sistemas que en conjunto, darán el tiempo necesario para que las personas abandonen el edificio sin sufrir daños, evitándose así las llamadas víctimas del fuego.

Los sistemas relacionados son:

1. Sistema de extinción de incendio
2. Sistema de control para el humo
3. Sistema de luces de emergencia y alarmas
4. Sistema de ventiladores para presurizar las cavidades de escaleras y elevadores

6.5.1 Sistema de extinción de incendio. El sistema que se utilizará es el de rociadores a través de los cuales se esparcirá el agua sobre las llamas, aplicándose de este modo el método de enfriamiento.

Este método se escogió porque en los edificios hoy día se encuentra una gran cantidad de material inflamable o combustible como son papeles, alfombras, muebles de madera, de plástico, etc.

Estos materiales no arderán mientras su temperatura sea mantenida por debajo de la temperatura de ignición o dejarán de hacerlo, al reducir su temperatura por debajo de la de ignición. Deben instalarse extinguidores con agua a presión y manguera contra incendios. Esto se hace con el fin de crear una primera línea de batalla contra el fuego. Si el fuego es detectado en su comienzo, posiblemente se pueda extinguir con estos elementos

y no llegar a utilizar todo el sistema, ocasionando quizás pérdidas materiales sin necesidad.

El tipo de sistema de rociadores escogido es el de acción previa o preacción pues los rociadores constan de válvulas que sólo dejan pasar el agua al momento de llegar la temperatura al nivel que están graduados. Otros elementos de este sistema son los detectores periféricos, no sólo de temperatura sino de humo, que enviarán la señal para que comience a operar el sistema al detectar cualquier señal de incendio. Los detectores de humo deben colocarse en la parte superior de los ductos de retorno.

Como se vió en el Capítulo 5, este sistema tiene una serie de ventajas y además, su costo resulta relativamente bajo. Cuando se realice el cálculo del sistema de rociadores y mangueras, debe tenerse en cuenta que debe existir una fuente segura de suministro de agua durante el tiempo calculado para la evacuación total del edificio.

Es recomendable el uso de un tanque con la capacidad suficiente como para cubrir el suministro exigido anteriormente.

6.5.2 Sistema de control de humo. Para tratar de controlar el humo, hay que tomar en cuenta varios factores (Sección 3.4.) y conocer los métodos existentes (Sección 5.6).

Con base en lo anterior, se escogió la combustión del método de extracción con el método de confinamiento. El método de extracción se utilizará al abrir el difusor, permitiendo al humo salir hacia una torre de humos. En este caso, no se requieren

medios mecánicos para extraer el humo de la zona incendiada, porque sólo la diferencia de densidades entre el humo y el aire exterior, es capaz de realizar esa función.

Para lograr el desalojo del humo por ese sólo canal, es necesario un aislamiento casi perfecto ya que de otro modo, el humo comenzaría a salir por todos lados. Deben utilizarse puertas contra incendios y tratar de que el área de filtración, sea lo más pequeña posible. El ducto de retorno del aire central debe cerrarse para evitar ser invadido por el humo, y éste llegue a otros pisos. Esto se hace por medio de compuertas colocadas en los ductos, tanto de retorno como de suministro, ya que no es conveniente suministrar aire fresco a la zona incendiada.

Para cerrar y abrir las compuertas se utilizarán electroimanes de manera, que al cortarse la corriente eléctrica, se cierran las compuertas en los ductos de suministro y retorno, y se abran las de los difusores al exterior.

Lo anterior es recomendable cuando se corta el suministro eléctrico al terminar las labores en el edificio. Al ocurrir el corte de electricidad, todas las compuertas colocadas en los ductos de suministro y retorno se cierran y se abren la de los difusores. Esto es favorable pues se mantienen aisladas las distintas zonas en que está dividido el piso o el edificio. Al producirse un incendio y no detectarlo en su inicio, no ocurrirán males mayores que hubiesen resultado si el piso o edificio, no está dividido en zonas.

6.5.3 Sistema de luces de emergencia y alarmas. Aunque no lo parezca, este sistema es muy importante porque debe indicar las salidas seguras, avisar a los ocupantes del desalojo que debe hacerse del edificio y dar la alarma tanto local como remota.

Las señales indicadoras de las salidas seguras deben estar iluminadas e indicar hacia donde se encuentran. Un tipo de señal podría ser la mostrada en la Figura 6-7. Las luces de emergencia son necesarias pues indican el camino seguro a seguir para llegar a la calle. Por ello en pasillos de salida es necesario el uso de ellas.

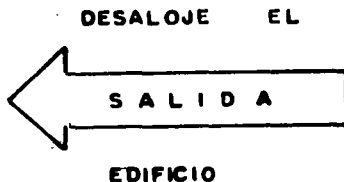


FIGURA 6-7

Este sistema debe estar conectado a la red de emergencia o a baterías capaces de mantener el suministro eléctrico, durante el tiempo de evacuación.

Las alarmas deben tener un tono agradable al oído, evitando de este modo, que se produzcan alteraciones nerviosas en algunas personas.

6.5.4 Sistema de ventiladores para presurizar las cavidades de las escaleras y los elevadores. Este sistema debe poseer la capacidad suficiente para mantener la sobrepresión deseada en cada piso (Ecuación 2). Para las escaleras se requiere el uso de ductos, a través de los cuales llegará el aire para mantener la sobrepresión calculada para cada piso.

La presurización de la fosa de elevadores se hará por la parte superior o inferior de acuerdo al tipo de diseño. Al colocar los ventiladores en la azotea se debe tener mucho cuidado que al ocurrir un incendio, éstos no aspiren el humo y lo introduzcan en las cavidades.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## CAPITULO 7

### DISEÑO DEL SISTEMA PARA EL EDIFICIO DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD ANAHUAC

En este capítulo se tratará de adaptar el sistema descrito en el capítulo anterior, al edificio de la Biblioteca. Este edificio no consta de ningún tipo de seguridad contra incendios y se puede considerar de alto riesgo, debido al material almacenado en varios de sus pisos. Al producirse un incendio en cualquiera de los pisos, las personas que ocupen otros pisos aún no incendiados podrían quedar atrapadas al invadir el humo las vías de evacuación (escaleras y elevadores).

Existe también la probabilidad de que al desatarse un incendio, no pueda ser controlado. Lo anterior es debido a que el acceso a los pisos es por medio de las escaleras y será imposible utilizarlas, ya que se encontrarán totalmente llenas de humo (efecto chimenea). El acceso por la parte exterior del edificio es muy limitado debido a su estructura.

En este edificio no existe sistema de aire central por lo cual se debe buscar la manera de presurizar los pisos y fosas de elevadores y escaleras, por otros medios.

Se desea también diseñar un sistema contra incendios, que utilice el "método de enfriamiento" ya que éste es el que más se adapta a las necesidades requeridas.

## 7.1 CARACTERISTICAS

En visita realizada a las instalaciones del edificio de la biblioteca durante el pasado mes de marzo, se pudieron observar deficiencias en la seguridad contra incendios. Estas son resumidas a continuación en varios puntos.

7.1.1 En el local destinado al almacén, existen líquidos bastante inflamables como plásticos, papel, estopa, etc. los cuales se pueden convertir en fuentes de ignición en un incendio. Si a esto agregamos la cantidad de material por ordenar en estanterías y la poca ventilación del local, encontramos que el riesgo de incendio es bastante elevado. Tampoco existen letreros lo bastante legibles en los que se advierta del peligro de fumar. Sólo existen dos extinguidores que aunque son apropiados no están colocados en sitios de fácil acceso. Estos sólo serían útiles en el momento de iniciarse el fuego, ya que son de poca capacidad.

7.1.2 En las salas dedicadas a los estudios de radio y televisión, las paredes están cubiertas con láminas de corcho. Estas son sumamente combustibles y aunque nunca se ha desarrollado un incendio, es una zona de alto riesgo. Se debe prohibir terminantemente fumar dentro de estas instalaciones. En el estudio de televisión existen reflectores que al estar encendidos elevan la temperatura del local pudiendo llegar a autoencenderse la madera y los muebles allí presentes. En ambas salas (radio y televisión) la cantidad de extinguidores no es suficiente y además, existen algunos que carecen de carga y otros que no son los recomendados.

7.1.3 Los pisos destinados al almacén de libros no presentan ningún dispositivo para detectar incendios. Los pocos extinguidores que existen en algunos pisos no son suficientes para controlar un incendio. Es necesaria la colocación de detectores de incendio y un sistema contra éstos.

7.1.4 En el piso No.5 existe gran cantidad de cajas de cartón. Estas no están almacenadas correctamente sino que están por toda el área del piso. Pueden ser fuentes de ignición en cualquier momento. En este piso no se observaron elementos contra incendio.

7.1.5 En el piso No.6 el caso es similar al anterior, pero con la diferencia de que sólo son revistas las allí acumuladas. Estas revistas además de ser posibles fuentes de ignición, pueden llegar a ocasionar daños en la estructura del edificio, ya que están en un área muy pequeña y su volúmen es bastante considerable. No existen elementos contra incendio.

7.1.6 El piso No.7 está dividido por tabiques en tres zonas. En la zona que depende de Arquitectura, existe gran cantidad de planos (papel) y algunos se encuentran sin guardar en lugar seguro. La zona que depende de la dirección académica no tiene posibles fuentes de ignición y tampoco la zona que parece ser de Arquitectura. Sólo existe un extinguidor en todo el piso y no es el más apropiado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



7.1.7 Parte de un local situado en la planta principal está lleno de cajas de cartón que contienen cintas para video casetera. Este local no cuenta con dispositivos para enfrentar un incendio.

7.1.8 En todo el edificio no existen señales de alarma ni luces de emergencia. En el caso de ocurrir un incendio muy pocas personas se enterarían, pudiendo quedar atrapadas en los pisos superiores al incendiado. Por otro lado, al cortarse el suministro eléctrico las escaleras quedan a oscuras y es difícil su uso como vía de evacuación. Es la única que existe.

7.1.9 En caso de ocurrir un incendio en cualquier piso del edificio de la Biblioteca y alcanzar éste proporciones elevadas, no será posible la entrada de personal dedicado a labores contra incendio, pues el acceso por la escalera será imposible debido a que ésta se llenará de humo funcionando como una chimenea.

## 7.2 CALCULO DEL TIEMPO DE EVACUACION

Area de la escalera (cada tramo)

$$A_{ep} = 16 \text{ m}^2$$

Número de personas en el edificio

$$M = 100$$

Area total de escalera

$$A_t = 128 \text{ m}^2$$

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

ECUACION 8

Promedio de personas por piso

$$n = 11 \text{ personas/piso}$$

ECUACION 9

Area de escalera por persona

$$h = 1.28 \text{ m}^2/\text{persona}$$

ECUACION 10

Con este valor de "h" buscamos en la Tabla 3 y encontramos un coeficiente de descarga ( $\gamma$ ) igual a 21.

$$U_1 = \text{ancho de escalera/u.a.s.}$$

$$\text{ancho de escalera} = 1.40 \text{ m}$$

$$\text{u.a.s.} = 56 \text{ cms}$$

de donde:

$$U = 2.50$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El tiempo de evacuación se calcula de acuerdo a la Ecuación 7, resultando un tiempo de evacuación de 2.10 minutos.

A este tiempo calculado le agregamos un minuto como el tiempo que demora una persona en llegar hasta la escalera o vías de escape después de haber percibido la señal de emergencia.

Si aplicamos un factor de seguridad de 1.5 resulta un tiempo de evacuación de 4.5 minutos.

$$\text{Tiempo de evacuación} = 5 \text{ minutos}$$

### 7.3 ANALISIS DEL TIEMPO DE EVACUACION

Como se puede observar en el inciso anterior el tiempo de evacuación calculado es de cinco minutos. Este tiempo es en realidad

corto y se puede disminuir si se instruye a los ocupantes de como realizar el desalojo del edificio al momento de producirse una emergencia.

Si nos basamos en el tiempo de evacuación del edificio, tenemos que el sistema desarrollado en este trabajo no amerita ser instalado totalmente, pues su costo sería demasiado elevado en relación a la posibilidad de incendio.

Para presurizar la fosa de elevadores y escaleras es necesario instalar tubería que conduzca el aire hacia estas zonas. Esto es sumamente difícil pues sería necesario romper la placa del piso en todos los pisos para así poder pasar los ductos de aire.

Los pisos pueden ser divididos en cuatro zonas, las que podrían llegar a presurizarse de manera que sirvieran de refugio a las personas atrapadas, pero si los ocupantes están bien instruidos de como desalojar el edificio al momento de una emergencia, entonces se puede evitar instalar el sistema para presurizar las zonas.

Es necesario instalar detectores tanto de humo como de temperatura en todas las áreas del edificio, dependiendo de los materiales que se encuentran en el área que se quiere proteger.

En los pisos destinados al acervo de la Biblioteca es necesario instalar además de los detectores, sistema de rociadores pues el material allí presente (papel, libros, etc.) es sumamente combustible y de ocurrir un incendio en cualquiera de estas áreas, sería sumamente difícil su control debido a lo limitado del acceso al interior de éste.

En otros pisos sólo se requiere la instalación de mangueras contra incendios y el uso de extinguidores.

El local destinado al almacén debe tener una mejor ventilación con extinguidores apropiados y colocados en sitios de fácil acceso. Deben colocarse avisos en donde se prevenga el uso de cerillos y cigarrillos.

En las salas dedicadas a los estudios de radio y televisión se deben colocar avisos de NO FUMAR y colocar más extinguidores los cuales deberán tener un mantenimiento continuo, evitándose así la descarga por falta de uso.

#### 7.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE ROCIADORES

Este sistema opera en los pisos tercero, cuarto, quinto y sexto del edificio, los cuales contienen una gran cantidad de material combustible (papel, libros, revistas, etc.).

En la Figura 7-1 se muestra la distribución del sistema de rociadores que se quiere instalar, Se escogió el tipo de ramal denominado de alimentación central porque a través de éste se logra una distribución pareja del agua.

Los cálculos realizados se basan en las normas establecidas por la NFPA para la protección contra incendios. En base a lo anterior, este edificio se clasifica dentro del grupo denominado "Actividades de Riesgo Ordinario Grupo II". La densidad expresada en galones por minuto (GPM) sobre pie cuadrado, para este caso particular, es de  $0.18^9$ .

9. National Fire Protection Association. MANUAL DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS. Ed. Mapfre. Madrid, 1978. pag.14-58.



Al multiplicarse la densidad por el área que se desea proteger, nos da el gasto requerido por el sistema.

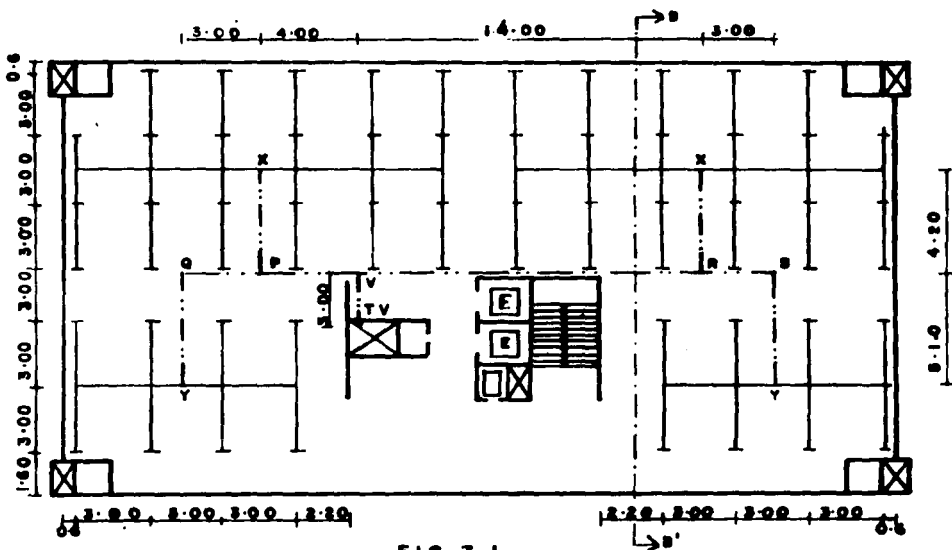


FIG. 7-1

DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE ROCIADORES SOBRE LA PLANTA TIPO DEL EDIFICIO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Para realizar este cálculo, se partió del rociador más desfavorable de todo el sistema. Este es aquel rociador que se encuentra más alejado de la tubería principal de abastecimiento y con una presión de 10 Psi.

El cálculo del sistema de rociadores está basado en las siguientes ecuaciones:

1. Para el cálculo de descarga de cada boquilla o rociador<sup>10</sup>

$$Q = 29.83 d^2 \sqrt{P} \quad \text{ECUACION 11}$$

en donde:

d = diámetro en pulgadas

P = presión en Psi

$$Q = 66 d^2 \sqrt{P} \quad \text{ECUACION 12}$$

en donde:

d = diámetro en centímetros

P = presión en  $\text{kg/cm}^2$

2. Para calcular la pérdida por fricción en tuberías se utiliza la ecuación modificada de Hazen Williams<sup>11</sup>

$$P = \frac{452 Q^{1.85}}{C^{1.85} d^{4.87}} \quad \text{ECUACION 13}$$

10. National Fire Protection Association (NFPA) MANUAL DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS, Ed. Mapfre, Madrid, 1978. pag. 11-82.

11. Ob. citada. pag. 11.93.

en donde:

$P$  = pérdida de presión por cada 100 pies lineales (Psi)

$Q$  = gasto expresado en GPM

$C$  = coeficiente de fricción (para este caso en todo se tomó  $C = 120$ )

$d$  = diámetro de la tubería en pulgadas

El Ramal I es idéntico al Ramal III y el Ramal II lo es con el Ramal IV.

7.4.1 RAMAL I DEL SISTEMA. En la Figura 7-2 se observa la vista de planta de los ramales I y III, y en la Figura 7-3 sus respectivos cortes verticales.

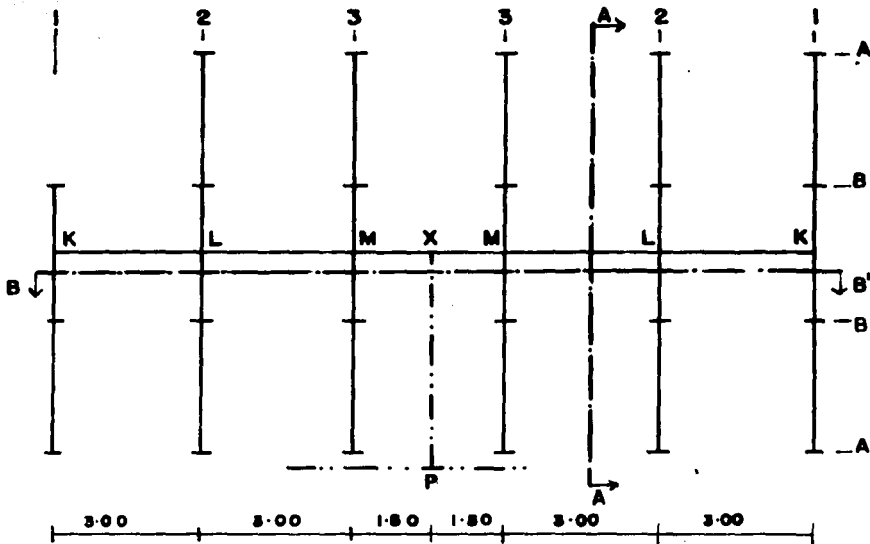
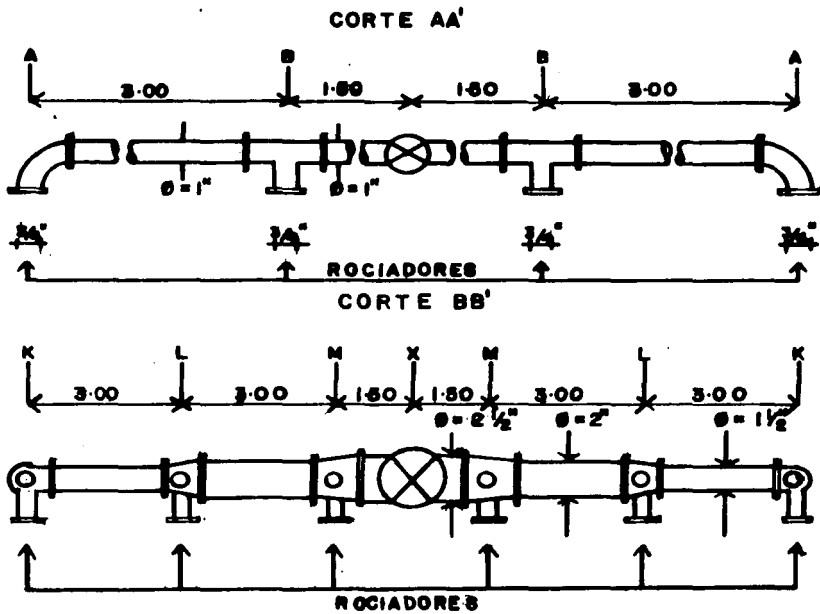


FIGURA 7-2 RAMAL I DEL SISTEMA DE ROCIADORES



**FIGURA 7-3**  
**CORTES AA' y BB' DEL RAMAL I DEL SISTEMA**

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**



A continuación se muestran los cálculos realizados para dicho ramal.

7.4.2 CALCULO DEL RAMAL I DEL SISTEMA DE ROCIADORES

Area cubierta por el ramal = 1827.47 Ft<sup>2</sup>

= 0.18 GPM/Ft<sup>2</sup>

Q<sub>min</sub> = 328.94 GPM

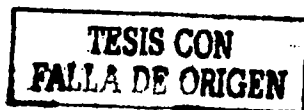
ROCIADORES	Q(GPM)	P(Psi)	(in)
1A	10.34	10.00	3/8
1B	18.62	10.27	1/2
2A	17.59	9.16	3/8
2B	18.75	10.41	1/2
3A	18.66	10.31	1/2
3B	19.86	11.68	1/2

TUBERIA	Q(GPM)	(in)	L(Ft)	PERDIDAS(Psi)
1-AB	10.34	1	10	0.39
B-K	28.96	1	5 + 5	3.26
K-L	57.92	1 1/2	10	1.63
L-B	36	1	5 + 5	4.87
2-AB	17.25	1	10	1.25
L-M	130	2	10	1.79
M-B	38	1	5 + 5	5.39
3-AB	18.14	1	10	1.37
M-X	207.64	2 1/2	5	0.72
X-P	415.28	3 1/2	15.74	1.58

PUNTOS	PRESION(Psi)	PERDIDAS(Psi)
K	13.65	3.65
L	15.28	5.28
M	17.07	7.07
X	19.51	9.51
P	22.81	12.81

Q calculada = 415.28 GPM

Toda la tubería será de hierro galvanizado con C = 120.



Tubería de suministro del sistema. La Figura 7-6 corresponde al corte BB' del edificio de la Biblioteca, mostrando la tubería de suministro. Esta tubería irá desde la planta baja hasta el noveno piso pues en este piso y los dos anteriores (7mo y 8vo) se instalarán mangueras contra incendio como instrumento de protección contra el fuego. En los pisos referidos se instalará cada manguera al lado del ducto a través del cual pasa la tubería de suministro.

En la planta baja, primer y segundo piso se instalará una sola manguera debido al diseño interior del edificio.

Los cálculos están basados en un gasto de 1987 GPM que corresponde al gasto de cubrir un área de una planta y media.

Para este riesgo de incendio es necesario garantizar el suministro de agua durante 30 minutos, por ello es necesario contar con un tanque con capacidad para 225 mil litros de agua.

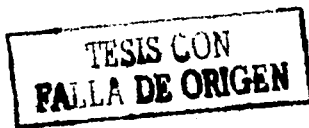
La bomba utilizada para llevar el agua a los diferentes pisos debe ser de 40 HP y contar con un mantenimiento continuo.

Las boquillas de las mangueras deben ser de 3/4".

La tubería con diámetro mayor o igual a seis pulgadas será de fundición y protegida contra corrosión aquella que se coloque bajo tierra; el resto será de hierro galvanizado con C=120.

#### 7.4.3 Ramal II del Sistema.

En la Figura 7-4 se observa la vista de planta de los Ramales II y IV, y en la Figura 7-5 sus respectivos cortes verticales.



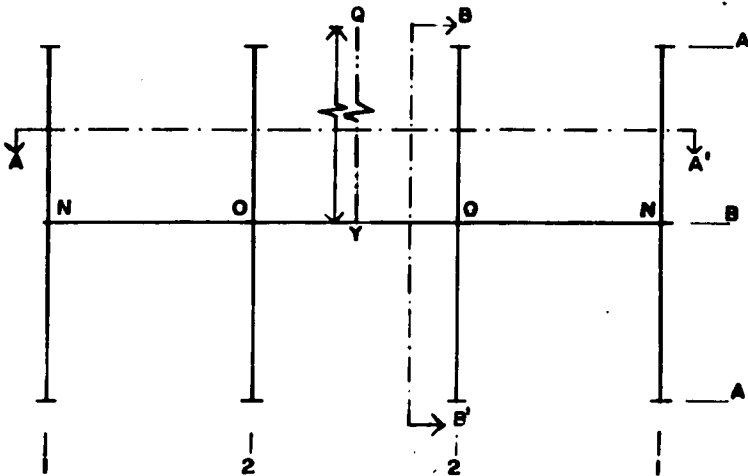
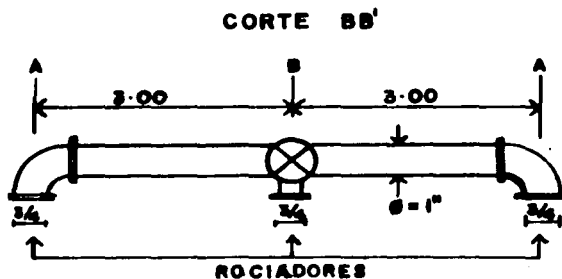
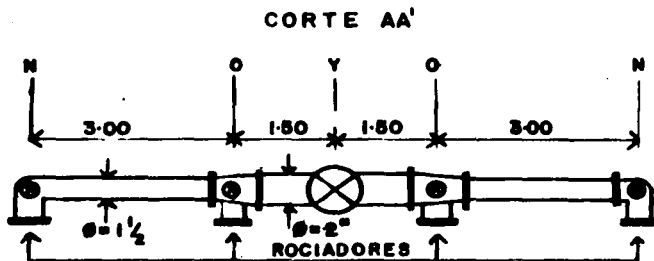


FIGURA 7-4

RAMAL II DEL SISTEMA DE ROCIADORES

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**FIGURA 7-5**  
**CORTES AA' y BB' DEL RAMAL II DEL**  
**SISTEMA**

A continuación se muestran los cálculos realizados para este ramal.

**TESIS CON**  
**FALLA DE ORIGEN**

7.4.4 CALCULO DEL RAMAL II DEL SISTEMA DE ROCIADORES

Area cubierta por el ramal = 1182,48 Ft<sup>2</sup>

= 0.18 GPM/Ft<sup>2</sup>

Q<sub>min</sub> = 212,85 GPM

ROCIADORES	Q(GPM)	P(Psi)	(in)
1A	18.93	10	1/2
1B	19.65	11.44	1/2
2B	20.33	12.24	1/2
2A	22.81	9.62	9/16

TUBERIA	Q(GPM)	(in)	L(Ft)	PERDIDAS(Psi)
1-AB	18.93	1	10	1.48
N-B	19.60	1	0 + 5	0.79
N-O	57.51	1 1/2	10	1.61
O-B	20.40	1	5	0.85
2-AB	22.5	1	17	3.47
O-Y	123.46	2	5	2.44
Y-Q	246.92	2 1/2	16.72	3.31
Q-P	246.92	2 1/2	10	1.98

PUNTOS	PRESION(Psi)	PERDIDAS(Psi)
N	12.23	2.23
O	13.09	3.09
Y	15.53	5.53
Q	20.03	10.03
P	22.01	12.01

7.4.5 CALCULO DE LA TUBERIA P-V y V-R

TUBERIA	Q(GPM)		L(Ft)	P.FRICCION
P-V	662.20	3 1/2	13.11 + 17.0	7.19
V-R	662.20	4	45.90 + 2.0	8.21 (*)
	662.20	5	45.90 + 2.5	2.98

(\*) Se toma este valor

Toda la tubería será de hierro galvanizado con C = 120

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 7.5 TUBERIA DE SUMINISTRO DEL SISTEMA

La Figura 7-6 corresponde al corte BB' del edificio de la Biblioteca, mostrando la tubería de suministro. Esta tubería irá desde la planta baja hasta el noveno piso pues en este piso y los dos anteriores (7mo y 8vo), se instalarán mangueras contra incendio como instrumento de protección contra el fuego.

En los pisos referidos se instalará cada manguera al lado del ducto a través del cual pasa la tubería de suministro.

En la planta baja, primer y segundo piso se instalará una sola manguera debido al diseño interior del edificio.

Los cálculos están basados en un gasto de 1987 GPM que corresponde al gasto de cubrir un área de una planta y media.

Para este riesgo de incendio es necesario garantizar el suministro de agua durante 30 minutos, por ello es necesario contar con un tanque de capacidad para 225 mil litros de agua.

La bomba utilizada para llevar el agua a los diferentes pisos debe ser de 40 HP y contar con un mantenimiento continuo.

Las boquillas de las mangueras deben ser de 3/4".

La tubería con diámetro mayor o igual a seis pulgadas será de fundición y protegida contra corrosión aquella que se coloque bajo tierra; el resto será de hierro galvanizado con C = 120.

Seguidamente se muestran los cálculos realizados para la tubería principal de alimentación del sistema de rociadores, la bomba y el recipiente para garantizar el suministro al sistema.

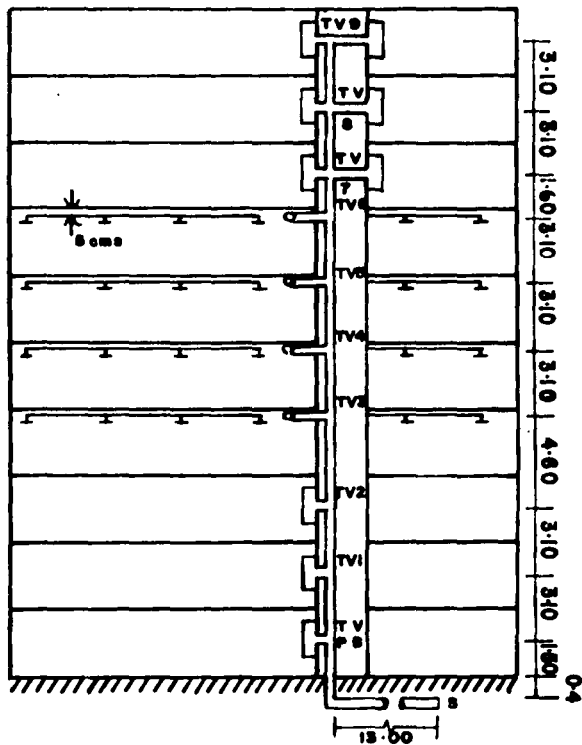


FIG. 7-6

**CORTE BB' DEL EDIFICIO MOSTRANDO  
LA TUBERIA DE SUMINISTRO, EL SISTEMA DE  
ROCIADORES Y LAS CAJAS PARA LAS MANGUERAS.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

7.5.1 CALCULO DE LA TUBERIA PRINCIPAL DE ALIMENTACION DEL SISTEMA  
DE ROCIADORES

TUBERIA	Q(GPM)	L(Ft)	(in)	PERDIDAS POR FRICCION	PRESION(Psi)
V-TV*	1324.40	10	6	-	26.94
TV <sub>6</sub> -TV <sub>7</sub>	370	5.15	3	0.89	26.05
ACCESORIO	62.8	10	2	0.47	25.58
BOQUILLAS 7A	62.75	-	3/4	10%	23.03
TV <sub>7</sub> -TV <sub>8</sub>	244.51	10.16	3	0.81	25.24
ACCESORIO	61.5	10	2	0.45	24.79
BOQUILLAS 8A	61.7	-	3/4	10%	22.31
TV <sub>8</sub> -TV <sub>9</sub>	121	10.16	2 1/2	0.54	24.70
ACCESORIO	60.5	10	2	0.44	24.26
BOQUILLAS 9A	61.10	-	3/4	10%	21.84
TV <sub>6</sub> -TV <sub>5</sub>	1695	10.16	6	1	27.94
TV <sub>5</sub> -TV <sub>4</sub>	1987	10.16	8	0.33	28.27
TV <sub>4</sub> -TV <sub>3</sub>	1987	10.16	8	0.33	28.60
TV <sub>2</sub> -TV <sub>1</sub>	1987	10.16	8	0.33	28.93
TV <sub>1</sub> -TV <sub>PB</sub>	1987	10.16	8	0.33	29.26
TV <sub>PB</sub> -TV <sub>S</sub>	1987	60	8	1.95	31.22

Presión a la salida de la bomba = 31.22 + 10% = 34.33 Psi

(\*) TV = toma vertical.



### 7.5.2 CALCULO DE LA BOMBA PARA EL SISTEMA DE ROCIADORES

$$\text{Pot} = P \cdot Q$$

ECUACION 14

Datos:

$$P = 34.5 \text{ Psi}$$

$$Q = 2.000 \text{ GPM}$$

$$\text{Pot} = ?$$

y se tiene:

$$\text{Pot} = 20.698,47 \text{ lb.pie/seg}$$

$$\text{Pot} = 37.63 \text{ HP}$$

La bomba debe ser impulsada por un motor eléctrico o si es posible, conectarla a un motor de combustión.

### 7.5.3 CALCULO DEL RECIPIENTE DE AGUA PARA GARANTIZAR EL SUMINISTRO AL SISTEMA DURANTE 30 MINUTOS

$$Q_{\text{calculado}} = 2.000 \text{ GPM}$$

$$T \text{ de operación} = 30 \text{ minutos}$$

$$\text{Volumen} = 60.000 \text{ galones}$$

$$\text{Volumen necesario} = 225.000 \text{ lts}$$

Se debe construir un recipiente capaz de contener más de 225.000 litros de agua y preferentemente, que sea subterráneo.

### 7.6 SISTEMA DE DETECCION DE HUMO

En este edificio no se pueden instalar los detectores de humo en los ductos de retorno ya que estos ductos no existen.

Serán utilizados detectores que cubran un área aproximada

de 80 m<sup>2</sup>. Los puntos donde se colocarán se muestran en la Figura 7-7 y serán iguales a partir del tercer piso hasta el noveno. En la planta baja, primero y segundo pisos serán colocadas cajas de alarmas.

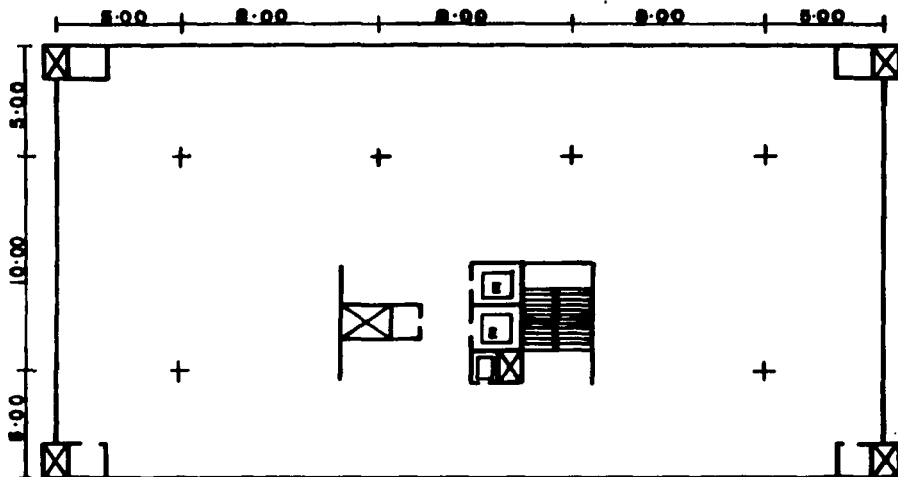


FIG 7-7

**DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE DETECCION DE HUMO EN EL EDIFICIO DE LA BIBLIOTECA**

Todos los sistemas descritos anteriormente en este capítulo irán conectados a un panel central, tal y como se describió en el capítulo anterior.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## CAPITULO 8

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.GENERALES

#### 8.1 CONCLUSIONES

Estas conclusiones están basadas en el estudio hecho en este trabajo. Las conclusiones son las siguientes:

8.1.1 Como se vió en el Capítulo 1, los elementos necesarios para que se produzca y mantenga el fuego son el aire, el calor y el combustible.

Sobre el primero no se puede ejercer ningún control ya que es indispensable para la vida misma de los ocupantes. El segundo agente puede ser totalmente incontrolable en algunos casos, como cuando se trata de fenómenos accidentales (cigarrillos encendidos, cerillos, etc.), mientras que otros casos pueden ser controlados, como por ejemplo incineradores, cocinas, motores, etc., siendo necesario el chequeo periódico de los aparatos e instalaciones capaces de generar calor. Es recomendable también el establecer prohibición sobre la utilización de cocinas, tostadoras, incineradoras, etc., en edificios con gran concentración de material combustible.

El tercer elemento, el combustible, es el más difícil de controlar tanto en cantidad como en su grado de inflamabilidad. Por eso se debe tomar en cuenta al momento de seleccionar los materiales de construcción, de decoración y el mobiliario en sí.

Además debe tomarse en cuenta el peligro que representa tener materiales inflamables.(grandes volúmenes de papel, solventes,etc.)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

en locales no acondicionados para tal fin.

8.1.2 Los sistemas de acondicionamiento de aire se comportan como agentes agravantes en la propagación de humo y gases tóxicos, pues el humo encuentra en los ductos del sistema, una vía sin obstáculos para transportarse a otros lugares.

8.1.3 Para evitar que el humo se propague desde el local incendiado a las demás dependencias del edificio, es necesario colocar barreras con el fin de aislarlo.

Ante la imposibilidad de lograr este objetivo con un obstáculo material, se requiere de otro medio para obtener el efecto deseado. Llevando el resto del edificio a una sobrepresión con respecto al piso incendiado, se puede conseguir un aislamiento del humo en el caso de edificios dotados con sistema de aire acondicionado.

8.1.4 La versatilidad del sistema de presurización permite utilizarlo aún en edificios sin sistemas de aire acondicionado. Siendo las cavidades verticales las vías más factibles para la transferencia de humo del piso incendiado al resto del edificio; si se mantienen dichas cavidades presurizadas podría evitarse temporalmente la contaminación por humo de las zonas no incendiadas. Lo señalado anteriormente es perfectamente aplicable a construcciones ya terminadas de baja altura (hasta seis pisos), sin necesidad de incurrir en gastos excesivos. Si el edificio fuese

de mayor altura será necesario acondicionar zonas de seguridad, debidamente presurizadas, aisladas térmicamente y provistas de un adecuado sistema de comunicación con el exterior.

Esto es con el objeto de que las personas allí refugiadas puedan recibir las instrucciones pertinentes de los cuerpos de bomberos o salvamento.

8.1.5 Durante la elaboración de este estudio se ha comprobado el peligro que representa habitar edificios construidos sin las normas adecuadas de seguridad contra incendios.

Esto se debe a que las normas vigentes no han sido actualizadas, ya que no se han contemplado los avances en la tecnología que ha incorporado al mobiliario y decorado, nuevos materiales combustibles productores de gases tóxicos al quemarse. Debido a lo anterior es necesario elaborar nuevas normas que estén acordes con la nueva tecnología.

8.1.6 Debe hacerse obligatorio entregar copia de los planos del edificio al cuerpo de bomberos de la jurisdicción, con el fin de que en caso de un incendio, dicho cuerpo tenga una guía para conocer los posibles accesos a los locales incendiados.

Además los especialistas del cuerpo de bomberos, al estudiar los planos, pueden dar asesoramiento en la utilización de equipos fijos en el lugar, tales como mangueras, hidrantes, tanques con agua a presión, sistemas de rociadores, etc. El hecho de contemplar estos puntos y otros que posiblemente pueden ser considera-

dos, harían posible que este reglamento se convierta en norma.

## 8.2 RECOMENDACIONES GENERALES

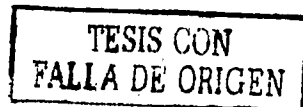
Debido a las deficiencias observadas en gran parte de los edificios construídos, se pueden señalar una serie de recomendaciones que disminuirán los riesgos potenciales a los cuales están expuestos los ocupantes en caso de incendio. A continuación se presentarán las recomendaciones más importantes.

8.2.1 Todo edificio debe estar provisto de escaleras de emergencia exteriores, dependiendo su número del tamaño del edificio y del número de ocupantes. Estas vías no pueden estar obstruídas por ningún objeto.

8.2.2 Para la seguridad de los ocupantes de un edificio es importante que este último esté dotado de un sistema de señalización adecuado, el cual puede estar compuesto por señales indicadoras de "SALIDA"; "SALIDA DE EMERGENCIA"; "MANGUERA CONTRA INCENDIOS"; "ESCALERA"; "ESCALERA DE EMERGENCIA", etc.

También se pueden contemplar alarmas a control remoto conectadas directamente al cuerpo de bomberos.

8.2.3 ES recomendable que los ocupantes fijos de un edificio reciban un entrenamiento tal que, al producirse un incendio en el inmueble, les permita evacuarlo en el menor tiempo, con el menor riesgo y de la forma más organizada posible. El entrenamiento



debe contemplar la realización periódica de simulacros y la organización de brigadas de emergencia con tareas especificadas.

8.2.4 En caso de incendio, la energía eléctrica al edificio debe ser interrumpida. Sin embargo, es necesario proveer al edificio de un circuito de emergencia que permita la iluminación mínima necesaria para la evacuación y/o también para alimentar sistemas como los tratados en este trabajo.

8.2.5 Los sistemas de extinción instalados deben recibir un mantenimiento periódico, realizado por personal especializado; éste tendrá responsabilidades legales y penales. A su vez, el cuerpo de bomberos estará en la obligación de supervisar cada cierto período el correcto funcionamiento de los equipos.

8.2.6 En aquellos lugares donde la concentración de personas y/o materiales combustibles es muy grande, el uso de mangueras resulta insuficiente; es recomendable utilizar el sistema de rociadores automáticos.

8.2.7 Cada día se construyen edificios que sobrepasan los veinte pisos y en los cuales la evacuación por la escalera se dificulta altamente, pudiendo llegar a ser imposible. Los elevadores pueden llegar a jugar un papel muy importante en el desalojo rápido del edificio en estos casos. Sin embargo, es necesario garantizar la hermeticidad de la cavidad y la accesibilidad a las puertas de los elevadores.

8.2.8 En investigaciones realizadas en otros países, se ha descubierto que una placa de grava de silicio es óptima para retardar la transmisión de calor y fuego de uno a otro lado de la misma, por lo que es recomendable su uso. En edificios altos el techo del edificio debe ser calculado para poder soportar el aterrizaje de helicópteros, para su eventual utilización en caso de incendio, como otra vía de evacuación.

8.2.9 Dada la importancia que tiene el garantizar la vida a los ocupantes de los cada vez más numerosos y populosos edificios de hoy en día, todo estudio realizado en este sentido será de gran valor.

Como se ha demostrado a lo largo de este trabajo, un incendio puede llegar a producir grandes pérdidas, tanto de bienes como de vidas humanas, por ello es necesario hacer estudios e investigaciones que permitan brindar a la población, edificios cada vez más seguros.

En cuanto a las normas que se pretendan promulgar sobre la prevención de incendios, cabe hacer notar la necesidad de que no sean una simple traducción de las establecidas en los Estados Unidos o Canadá, como suele ocurrir en otros campos, ya que no existen las mismas condiciones en México. En este sentido es necesario que la elaboración de las normas mencionadas la realice un equipo de personas conocedoras de la materia, basándose en los tipos de construcción y los problemas de prevención y control de incendios existentes en México.



Debe ponerse todo el empeño para lograr este objetivo, dada su necesidad inmediata, debido al gran auge de la construcción en los grandes centros urbanos.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## SIMBOLOGIA UTILIZADA EN ESTE TRABAJO

- D = Corriente teórica de aire expresada en pulgadas de agua
- H = Distancia vertical entre la boca de entrada y la de salida, expresada en pies
- B<sub>o</sub> = Presión barométrica expresada en pulgadas de mercurio
- T<sub>o</sub> = Temperatura de aire exterior, expresada en grados Rankine
- T<sub>i</sub> = Temperatura de aire interior, expresada en grados Rankine
- $\rho$  = Densidad del aire a 0° F y 1 Atmósfera de presión, expresada en libras por pie cúbico
- A<sub>e</sub> = Area de orificios en las paredes exteriores del edificio
- A<sub>p</sub> = Area de orificios entre los pisos
- A<sub>c</sub> = Area de aberturas interiores en cada piso
- A<sub>ep</sub> = Area de la escalera por piso
- T = Tiempo de evacuación
- N = Número de personas evacuadas por cada escalera
- n = Número de personas por piso
- r = Relación de descarga por escalera
- M = Número de personas en el edificio
- h = Concentración o área de escalera por persona
- Q = Gasto expresado en galones por minuto
- d = Diámetro de la tubería expresado en pulgadas
- P = Pérdida de presión debido a la fricción en la tubería expresada en libras por pulgada cuadrada (Psi)
- Psi = Libras por pulgada cuadrada
- GPM = Galones por minuto
- Ft = Pies

### EQUIVALENCIAS UTILIZADAS

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32$$

$$1 \text{ Pulgada} = \frac{1}{12} \text{ Pie} ; 25.4 \text{ mm}$$

$$1 \text{ Pie}^2 = 144 \text{ pulgadas} = 0.093 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ Pie}^3 = 8.00 \text{ Galones} = 0.0284 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ Pie/seg} = 0.305 \text{ mt/seg}$$

$$1 \text{ Lb/pie}^3 = 16.02 \text{ kilogramos por metro cúbico}$$

$$1 \text{ GPM} = 0.06308 \text{ litros por segundo}$$

$$1 \text{ Atmósfera} = 760 \text{ milímetros de mercurio} = 33.9 \text{ pies de agua} = \\ 101.3 \text{ Kilopascales} = 14.7 \text{ libras por pulgada} \\ \text{cuadrada} = 1.03 \text{ kilogramos por centímetro} \\ \text{cuadrado}$$

$$1 \text{ HP} = 550 \text{ Lb.pie/seg}$$

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

RELACION DE FIGURAS Y TABLAS

TABLA 1 = Comparación de presiones debidas al viento y al Efecto de Chimenea

TABLA 2 = Encuestas realizadas por organismos especializados en el control de incendios han dado por resultado las siguientes causas y su porcentaje

TABLA 3 = Relación entre concentración de personas en las escaleras y la descarga resultante de personas por unidad de descarga

FIGURA 1-1 = Triángulo del fuego. A,B,C son los elementos básicos (combustible, aire y calor) y a,b,c representan las líneas de transferencia de calor o de masa

FIGURA 2-1 = a) Se muestra la corriente de aire creada en una caja con dos orificios. La temperatura interior  $T_i$  es mayor que la temperatura exterior  $T_o$   
b) Tiro teórico desarrollado por la corriente de aire

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

- FIGURA 2-2 = Es un edificio simplificado de cuatro pisos de altura, sin restricciones horizontales y su tiro teórico producido por la corriente de aire  $T_o > T_i$
- FIGURA 2-3 = Representa un edificio de cuatro pisos con barreras horizontales (pisos), los cuales tienen áreas de filtración igual a  $A_p$ ,  $T_o > T_i$
- FIGURA 2-4 = Edificio dotado de aberturas de área  $A_o$  en cada piso colocadas en una cavidad vertical. No hay filtraciones entre pisos
- FIGURA 2-5 = a) Se muestra el tiro teórico producido por la situación creada en la parte b  
b) Edificio de ocho pisos en el cual el tercer piso es el incendiado. Este piso se considera herméticamente cerrado
- FIGURA 2-6 = a) Condiciones reales del tiro teórico en un edificio en el cual existe un incendio en el tercer piso  
b) Movimiento del aire en el edificio
- FIGURA 2-7 = a) Situación deseada para el tiro teórico y condiciones reales del tiro debido a las filtraciones entre pisos  
b) Flujo de aire en el edificio

- FIGURA 4-1 = Estadísticas de lesiones y muertes debidas al fuego por millón de habitantes en algunos países
- FIGURA 5-1 = a) Ramal de alimentación central para sistemas de rociadores  
b) Ramal de alimentación lateral central para sistemas de rociadores  
c) Ramal de alimentación central en un extremo  
d) Ramal de alimentación lateral en un extremo
- FIGURA 6-1 = Diagrama del sistema para el control de incendios
- FIGURA 6-2 = Sistema automático de control
- FIGURA 6-3 = Circuito eléctrico del sistema automático de control de incendios
- FIGURA 6-4 = Diagrama del sistema automático contra incendio
- FIGURA 6-5 = Conexión del sistema eléctrico
- FIGURA 6-6 = Conexión de los accesorios
- FIGURA 6-7 = Posible tipo de señal para indicar la salida segura del edificio

- FIGURA 7-1 = Distribución del sistema de rociadores sobre la planta tipo del edificio de la Biblioteca
- FIGURA 7-2 = Ramal I del sistema de rociadores
- FIGURA 7-3 = Cortes verticales del Ramal I del sistema
- FIGURA 7-4 = Ramal II del sistema de rociadores
- FIGURA 7-5 = Cortes verticales del Ramal II del sistema
- FIGURA 7-6 = Corte vertical del edificio de la Biblioteca mostrando el sistema de rociadores, mangueras contra incendios y tubería principal de suministro
- FIGURA 7-7 = Situación de los detectores de humo en las plantas tipo del edificio de la Biblioteca

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## BIBLIOGRAFIA

1. Shames, Irving H. LA MECANICA DE LOS FLUIDOS. Ed. McGraw-Hill. México. 1967.
2. Mataix, Claudio. MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS. Ed. Harla. México. 1982.
3. Jensen, Rolf. FIRE PROTECTION FOR THE DESIGN PROFESSIONAL. Ed. Cahners Books. Boston, Massachusetts. 1978.
4. National Fire Protection Association (NFPA). MANUAL DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS. Ed. Mapfre. Madrid. 1978.
5. Veale, Guillermo. INSTALACIONES FIJAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO. Revista Higiene y Seguridad de la A.M.H.S., A.C. Vol. XXIII, No. 9. Septiembre 1983. México.
6. Planer, Robert. FIRE LOSS CONTROL. Ed. Marcel Dekker. New York. 1979.
7. Department of Labor U.S.A. SEGURIDAD INDUSTRIAL. Ed. Herrera Hermanos. México. 1969.
8. HANDBOOK OF INDUSTRIAL PREVENTION. Ed. McGraw-Hill. New York. 1967.



9. Herrera Zogby, Luis. PREVENCIÓN DE DAÑOS POR INCENDIO EN  
ARQUITECTURA. Ed.Limusa. México.1981.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN