

300 617
7
2ej



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA

INCORPORADA A LA U. N. A. M.

DISEÑO DE SISTEMAS DE DETECCION DE
HUMO PARA AREAS DE OFICINA

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

AREA MECANICA

P R E S E N T A ;

HECTOR ANGEL GARATE HERNANDEZ

ASESOR: M. I. RAUL MORALES FARFAN



MEXICO, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

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

El presente estudio es el resultado de una inquietud que todo ser humano llega a sentir; la necesidad de defenderse de las condiciones que pueden acabar con su medio ambiente, personas que le rodean, su trabajo o sus propiedades que con tanto empeño y tiempo cada persona ha llegado a adquirir. Una de las principales causas de la destrucción de las cosas es el fuego, por lo que pretende conformarse como una guía de sistemas de protección contra incendios, principalmente en lo que respecta a los sistemas de detección de humo, que sirva en la asesoría para el personal responsable de la seguridad industrial en empresas y para los agentes de seguros, quienes juegan un papel importantísimo en lo que concierne a seguridad contra incendio.

Desde tiempos muy remotos el hombre se ha preocupado por mejorar su forma de vida, iniciando por guarecerse de las inclemencias del tiempo, de fabricar herramientas y armas, que con el paso del tiempo le hicieron destacar de entre todos los animales como el único ser superior a todos, haciendo que esa semejanza que se tenía en un principio con los seres inferiores empezara a crecer, llegando a ser infinita.

Una de las causas que marcó una barrera que ningún otro ser ha podido superar es el dominio del fuego, que en primera instancia le servía únicamente para defenderse y calentarse. Con el paso de las generaciones, se fue tomando un dominio más amplio, de manera que ya era un evento reproducible con ciertos elementos como pedernales y hojas secas, iniciando entonces la carrera de transformación y exploración del medio, que hasta nuestros días continúa.

Actualmente se sabe que el fuego es necesario para la actividad cotidiana mas esencial de nuestro tiempo, como lo puede ser el disfrutar un cigarrillo, tomar un baño de agua caliente o dar un paseo en el automóvil, de manera que el temor de estar conviviendo "entre tanto fuego" no es algo que pueda quitarle el sueño a nadie. Además se sabe que la humanidad sigue investigando al medio que le rodea, por lo que los incipientes viajes al espacio son actividades que necesariamente asociamos con el fuego, que es el que produce la energía para que el despegue pueda llevarse a cabo sin que cause temor el pensar que en el despegue de cada cohete se alcanzan temperaturas superiores a los 2,000 °C, cuando al mismo tiempo es evidente que una insignificante flama de cerillo mal empleada puede acabar con un edificio de 50 pisos.

Ante situaciones tan distintas, lo importante es reconocer bajo que causas y condiciones el fuego es un instrumento de progreso, ya que conociendo la diferencia se procurará no perder el control que se tiene sobre él y ese mismo fuego se transforme en un elemento de desgracia. Para cada una de estas situaciones, el hombre ha desarrollado equipos de alta tecnología, como lo son los aviones y cohetes en el primer caso y los equipos de protección contra incendio en

el segundo. De esta manera, se han desarrollado grandes Laboratorios de Investigación acerca del origen, crecimiento y desarrollo del fuego y productos en defensa de él, de entre los que se encuentran los detectores de humo, motivo de éste trabajo.

Por otro lado, es sabido por la gran mayoría de la gente que existen negocios y productos que en su simple accionar cotidiano representan en sí mismos un riesgo de incendio elevado, como lo son la destilación de las gasolinas, la fabricación de pólvora, la producción de solventes, etc., por lo que nos parece lógico que existan sistemas de detección, control y extinción de fuego en las plantas que hacen estos productos, sin embargo los negocios o procesos que son menos peligrosos tienen también un riesgo que los hace merecer la atención de ese grupo de investigación y desarrollo de productos contra el fuego. Uno de estos riesgos menores constituye un gran porcentaje de las fuentes de trabajo en todos los países: Las oficinas administrativas, las cuales se extienden a las compañías, las escuelas, los hospitales y los gobiernos, de manera que no existe empresa u organismo alguno que opere sin oficinas. Por esta razón, a este tipo de riesgo estarán aplicados los conocimientos que tenemos sobre el fuego y los equipos que existen para prevenirlo, dándole el nombre a esta tesis.

Dado que el fuego fuera de control es un indicador de desgracia, en el presente trabajo se expondrán los elementos que deben relacionarse para que pueda existir, así como los subproductos de su presencia, haciendo notar que éstos son tan peligrosos para la supervivencia del hombre como el primero y serán enfocados (ambos) a las pérdidas humanas (principalmente) y económicas que estos eventos han significado a lo largo de los años.

Para tener una visión completa de las causas que producen el fuego y pueden ser motivo de su formación, en el capítulo primero se tratarán algunas definiciones importantes relacionadas con los elementos asociados al fuego, dando una descripción básica de la reacción que representa y los subproductos que tiene. Además se verá la necesidad de tener un Sistema Educativo Nacional fuerte que haga conciencia de la peligrosidad y responsabilidad de evitar un incendio. Por último se verán unas estadísticas de pérdidas por causa de fuego en los Estados Unidos, relacionadas con las vidas humanas y económicas.

En el capítulo segundo se mencionarán los diferentes tipos de combustibles que existen, poniendo especial atención en los materiales propios de un área de oficinas (conocidos como combustibles sólidos ordinarios), compuestos básicamente de madera y subproductos de ella. Se reportarán los estudios de laboratorio correspondientes a la variedad de fuentes de ignición a fin de determinar la temperatura máxima segura para este tipo de materiales.

En el capítulo tercero se dará una visión panorámica de los diferentes tipos de agentes extintores del fuego más conocidos y sus principales aplicaciones, así como

las diferentes formas en las que puede ser aplicado cada uno de ellos para operar de manera automática (punto en el cual son esenciales los detectores de humo). También se revisará de manera breve la importancia de tener equipos de operación manual para ataque al fuego, destacando la carencia existente en México de sistemas automáticos para las áreas de oficina y la formación de brigadas de protección y una adecuada señalización con fines de protección civil.

El capítulo cuarto tiene como fin el trato del humo en un conato de incendio, que es la finalidad de un sistema de detección. Se analizarán los principios de operación y construcción de los detectores existentes para ello. Se presentará un reporte de un incendio producido en un edificio protegido con detectores de humo, rociadores automáticos, dejando en evidencia que no hay sistemas eficientes si la respuesta del hombre ante situaciones de alarma no es oportuna. También se tratarán algunos principios básicos para determinar el mejor lugar en la colocación de un detector de humo, para mantenerse en el concepto de Detección temprana (o de conato de incendio), terminando con la limitación de áreas de alarma o zonificación de áreas, con la finalidad de poder ubicar con la mayor brevedad un conato de incendio.

En el capítulo quinto se expondrá un caso práctico, consistente en un edificio de 3 niveles, destinado al uso de oficinas y una azotea, utilizada como bodega, logrando tener diferentes tipos de riesgos dentro de él, los cuales serán tratados de manera independiente para hacer una discriminación correcta del tipo de detector necesario, de su ubicación y la zonificación de área que le corresponde en cada caso.

Por último en el capítulo sexto se hará una evaluación del costo que representaría el tener un sistema de detectores de humo en el edificio analizado en el capítulo quinto, tomando en cuenta el total de la inversión del sistema y el ahorro que puede representar en la presentación de un conato de incendio, dejando en claro que se justifica la instalación de un sistema de este tipo.

CAPITULO I

ASPECTOS TEORICOS

En este capítulo se darán las definiciones de los términos utilizados en protección contra incendio para identificar una característica o condición de los materiales combustibles que serán empleados en el desarrollo de esta tesis. Se tomarán algunos conceptos de química básica para recordar los elementos que componen la materia, los elementos que existen, los compuestos que se pueden formar y las reacciones que se requieren para la asociación de ellos. Posteriormente se mencionarán aspectos importantes de las reacciones de oxidación, las características generales de los materiales combustibles y la forma en que éstos inician el proceso conocido como fuego, del cual se analizarán cada uno de sus subproductos, de la manera en que contribuyen a su supervivencia y la forma en que dañan físicamente a las personas. Por último se dará una breve explicación de la importancia de la protección contra incendio, haciendo hincapié en las áreas de oficina y se comentarán algunos reglamentos y requerimientos a los que las compañías se tienen que apegar para poder mantenerse en operación.

1.1 DEFINICIONES:

- **Combustible:**

Todo material que puede transferir sus electrones con otro llamado comburente teniendo un desprendimiento de energía, por ejemplo madera, plástico, grasas, etc.

- **Comburente:**

Aquel material que recibe los electrones libres del combustible para que se pueda completar la reacción de combustión. Generalmente el comburente es el oxígeno del aire. Otros pueden ser el cloro para el Antimonio, etc.

- **Temperatura de ignición:**

Es la temperatura mínima que deben tener los materiales para que se pueda iniciar la combustión.

- **Fuente de ignición:**

Es el medio por el cual es alcanzada la temperatura de ignición.

- **Agente extintor:**

Es una sustancia que permite que el fuego esté fuera de posibilidades de existir.

- **Reacción endotérmica:**

Es en la que se obtiene un producto con mayor cantidad de energía que la de los productos que la componen. En éste caso la reacción absorbe calor del exterior.

- **Reacción exotérmica:**

Es en la que se obtiene un producto de menor energía que los que producen la reacción. La energía excedente es liberada en forma de calor.

- **Reacciones de oxidación:**

Las reacciones de oxidación que están representadas con el fuego son de carácter exotérmico, en donde el "sobrante" energético se desprende en forma de calor.

- Reacción en cadena:

Es la reacción de todos los materiales que están en el proceso de combustión que permite que ellos se sigan retroalimentando, sosteniendo la permanencia del fuego.

- Gravedad específica:

Es la relación del peso de la sustancia dividida entre el peso de un volumen igual de otra en las mismas condiciones de presión y temperatura (generalmente comparados con el agua a 4°C y 1 atm.).

- Densidad de vapor:

Densidad de vapor, más comúnmente conocida en el medio de protección contra incendio como densidad relativa del gas, es la relación que existe entre el peso de un volumen de gas entre el mismo volumen de aire seco a la misma presión y temperatura, de este modo si la densidad relativa del gas es menor a 1, ese gas al ser liberado en la atmósfera, tenderá a viajar a niveles más elevados, pero si es mayor a 1, al escapar de su contenedor tenderá a viajar por superficies bajas, por las que puede encontrar una fuente de ignición.

- Calor específico:

Es la energía que se necesita para elevar un grado centígrado, un gramo de una sustancia específica. El valor unitario es el del agua, siendo 1 caloría/gramo. Todas las demás sustancias tienen un valor inferior a uno.

En protección contra incendio éste valor es importantísimo, ya que nos permite saber la cantidad de calor que debe ser absorbida por un material para que llegue a un punto peligroso o bien el calor que debe ser absorbido del material para que salga de su límite peligroso.

- Calor latente:

El calor latente de una sustancia es el calor que se necesita para que ésta se transforme completamente de estado sólido a líquido, de líquido a gaseoso o viceversa.

- Conducción:

La conducción es la forma de transmisión de calor que se lleva a cabo por el contacto directo de dos materiales a diferente temperatura, siendo el más frío el que absorbe la energía del más caliente por el contacto directo de sus superficies.

- Convección:

Es la transmisión que lleva a cabo el medio ambiente cercano a una masa caliente, por lo que los gases que le rodean también se calientan, disminuyen su densidad y se desplazan de manera ascendente. De este modo, una habitación puede ser calentada en su totalidad por una fuente de calor que se encuentre dentro de él, gracias al calor transferido por convección.

- Radiación: Es la única forma de transmisión que no necesita un medio ambiente para darse. Los rayos Solares viajan a través del espacio "vacío" desde el sol a la tierra por radiación, la cual se transmite en todas direcciones y depende esencialmente de la temperatura de cualquier cuerpo, a mayor temperatura mayor calor transmitido por radiación.

- Calor de combustión: Es la cantidad de calor que puede ser liberada por un material en el proceso de combustión hasta que es consumido en su totalidad.

- BTU: Es la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de una libra de agua, un grado Fahrenheit. (medido a 60°F).

- Caloría: Es la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua, un grado centígrado. (medido a 15°C).

1.2 QUE ES EL FUEGO, PRODUCTOS DE LA COMBUSTION:

1.2.1 ATOMOS Y MOLECULAS:

Los átomos son partículas o unidades más pequeñas que componen a la materia, por lo que son extremadamente diminutos, siendo el radio de la mayoría de ellos del orden de 10-8 centímetros. Cada elemento consiste en uno o más átomos idénticos y sus propiedades son determinadas por la estructura que ellos guardan.

De acuerdo a lo que se conoce del átomo, éste consiste de un núcleo, alrededor del cual viajan en órbitas definidas semejantes en proporción de dimensiones a las del sistema solar de los planetas respecto al sol, los electrones. El tamaño del núcleo es apenas 1/10,000 del tamaño del átomo, por lo que el átomo es prácticamente una estructura vacía. La gran mayoría de la masa del átomo está concentrada en el núcleo, que está compuesto por protones (cargados positivamente) y neutrones, que tienen masa pero no carga eléctrica. Cada uno de ellos tiene una masa aproximada de 1 en la escala de pesos atómicos. De éste modo, la suma del número de protones y neutrones de un átomo es igual a su peso molecular con la ligera variación del peso de los electrones (iguales en cantidad que los protones). El único átomo que no tiene neutrones es el de hidrógeno, compuesto por un protón y un electrón, y tiene un peso de 1.008.

Para tener una mayor facilidad en la forma de escribir el nombre de los elementos, los compuestos que forman y las reacciones que tienen, se ha abreviado el nombre de cada uno de ellos, generalmente por la letra inicial del nombre de éste, siendo así la "H" para el hidrógeno, la "O" para el oxígeno, la "C" para el carbono, etc. y para indicar el número de átomos por cada molécula, éste se escribe como subíndice del elemento en cuestión.

Dado que las moléculas son combinaciones de átomos, cualquier substancia que existe es un conjunto de moléculas que la hace tener propiedades fisicoquímicas distintas a las de los átomos que las forman y de otras substancias. Estos intercambios de electrones suceden entre todos los elementos con valencia diferente (falta de electrones para completar su última órbita), por lo que tomando en cuenta

que existe; 9 grupos de átomos con valencias diferentes, apreciaremos que el número de combinaciones que se pueden formar con ellos, es prácticamente infinito. Algunos ejemplos de moléculas son:

Hidrógeno	H	Metano	C H	Etileno	C H
	2		4		2 4
Agua	H O	Acatileno	C H	Gasolina	C H
	2		2 2		5 12
Bióxido de carbono	C O	Halón 1301	C F Br	Celulosa	C H O
	2		3		6 10 5
Amoniaco	N H	Acido sulfúrico	H S O	Azúcar	C H O
	3		2 4		12 22 11

Los electrones en el átomo se encuentran en permanente movimiento por órbitas definidas alrededor del núcleo. Cuando los átomos se han combinado para formar moléculas, se aproximan los núcleos, permitiendo que los electrones de las órbitas más alejadas giren todos alrededor de una sola masa nuclear. Los electrones más alejados no tienen una fuerza de atracción tan grande de su núcleo, por lo que se requiere menos energía para separarlos de esa masa definitivamente.

Se sabe que los átomos están sujetos a diferencias de potencial de fuentes externas, de manera que los electrones de los átomos de una molécula tienden a viajar hacia el potencial positivo y los protones (o átomos con deficiencia de electrones) en dirección opuesta. Cuando hacemos fluir una cantidad de corriente a través de un conductor, lo que está pasando es un determinado número de electrones, de manera que si el material es poco conductor o la energía que se está transmitiendo es alta, existe una fuerza dentro del material que se resiste al paso de estos electrones, la cual se refleja en forma de calor.

De lo anterior se puede concluir que todo material al verse con mayor energía -más caliente- tiene una tendencia a liberar con mayor facilidad los electrones que se encuentran en la capa más alejada de su núcleo, para combinarse con otros elementos, produciendo generalmente un desprendimiento de energía que conocemos como fuego.

1.2.2 TRIANGULO DEL FUEGO

La oxidación de un material se está dando en todo momento, mientras se encuentre en contacto con un agente oxidante, como lo es el oxígeno del aire, de éste modo podemos apreciar el amarillamiento de las hojas de papel de un libro o la formación de herrumbre en el hierro, ejemplos que ilustran sensiblemente la aseveración anterior. Cuando la temperatura es elevada por arriba de la ambiental, la oxidación se vuelve más rápida, expidiendo cada vez mayores cantidades de calor. Cuando la temperatura de ignición es alcanzada, la flama aparece en el material y la combustión continúa consumiéndolo hasta agotarlo.

En orden en que la reacción de oxidación va tomando lugar, tanto el material combustible como el comburente deben estar presentes. Los combustibles incluyen un sin número de materiales que no están aún en su máximo estado de oxidación. La determinación de que material puede ser aún oxidado depende del conocimiento de su química, pero para propósitos prácticos se puede decir que cualquier material que está formado básicamente por hidrógeno y carbono, puede ser oxidado. de éste modo, citando algunos de los materiales combustibles más comunes tenemos;

Algodón.- 44.5% de carbono, 6.2% de hidrógeno, 49.3% de oxígeno
Propano.- 81.8% de carbono, 18.2% de hidrógeno
Benceno.- 92.3% de carbono, 7.7% de hidrógeno

Por el contrario algunos de los materiales que se consideran no combustibles tienen las siguientes proporciones;

Tetracloruro de carbono.- 7.8% de oxígeno, 0% de hidrógeno y 92.2% de cloro.
Agua.- 0% de carbono, 11.1% de hidrógeno y 88.9% de oxígeno.
Carbonato de calcio.- 12% de carbono, 0% de hidrógeno, 40% de calcio y 48% de oxígeno.

Con mucho, el agente oxidante más común es el oxígeno del aire, aunque es posible que la combustión se lleve a cabo en atmósferas de cloro, bióxido de carbono y nitrógeno. por ejemplo el polvo de zirconio puede ser oxidado en atmósferas de bióxido de carbono.

De entre las reacciones de oxidación, el fuego es la más conocida, que como se sabe es una reacción rápida de un material combustible, con desprendimiento de luz, calor y humo, y está sustentado por el muy famoso triángulo -que es más bien un tetraedro- del fuego.

En ese tetraedro, los componentes son;

- 1.- Material combustible
- 2.- Material comburente
- 3.- Temperatura de reacción
- 4.- Reacción en cadena

Sin embargo, pese a ser un fenómeno tan estudiado, estudios profundos revelan que es un fenómeno mucho más complicado que la reacción química que es comúnmente explicado como el triángulo del fuego, que es aceptado para fines educativos únicamente. Actualmente se sabe que al elevarse la temperatura por arriba de la ambiente, se da lugar a la pirólisis, que es conocida como la descomposición de la materia por la acción del calor. El proceso de fuego sucede a través de varios estados, como se analizará a continuación utilizando la madera como ejemplo.

1.- La descomposición lenta de la madera involucra ciertos gases, incluyendo el vapor de agua. Los componentes combustibles de los gases no son inflamables durante estados incipientes de pirólisis. La superficie de la madera es atacada en primera instancia, luego se convierte en carbón y la reacción penetra al interior de la madera exotérmicamente.

2.- El desprendimiento de gases continúa, al punto que algunos son inflamables. A cierta temperatura la reacción se vuelve endotérmica y el proceso se acelera rápidamente. Esto es generalmente considerado generalmente el punto de ignición de la madera.

3.- A esta temperatura de ignición, los gases desprendidos son en primer lugar bióxido de carbono y vapor de agua, por lo que la flama se pueda sustentar por largo tiempo, sin embargo el calor que ésta desprende inicia una segunda reacción de pirólisis en serie y la combustión a flama abierta se da lugar en esa sección de gases. De hecho, la producción de ellos puede ser tan rápida que circunde totalmente la superficie de la madera, desplazando el aire del medio. Esto previene la carbonización en la combustión, retarda la penetración del calor y retrasa la llegada de la temperatura de ignición dentro de la madera. Al continuarse incrementando la temperatura, la carbonización se da formándose una brasa y el aire ahora fluye para soportar la combustión y la madera por sí misma se quema en la misma proporción que genera sus gases.

Haciendo un condensado de lo anterior, la ciencia de protección contra incendio se basa en los siguientes principios;

- 1.- Un agente oxidante, un material combustible, una temperatura de ignición y una reacción en cadena son esenciales para la combustión.
- 2.- El material combustible debe ser calentado hasta su punto de ignición antes de que este inicie a quemarse.
- 3.- La combustión permanecerá hasta que;
 - El material combustible sea consumido o ramonado.
 - La concentración del agente oxidante sea más baja del mínimo necesario para soportar la combustión.
 - El material combustible sea enfriado por debajo de su punto de ignición.

Toda norma o reglamento, todo principio o equipo debe estar basado en alguno(s) de estos incisos para prevenir, controlar o extinguir cualquier fuego.

1.2.3 PRODUCTOS DE LA COMBUSTION:

Como se mencionó anteriormente, la combustión desprende 4 tipos de productos residuales, que son;

- 1.- Gases de fuego 2.- Flama 3.- Calor 4.- Humo

1.- Gases de fuego:

Este término se refiere a los productos gaseosos de la combustión. La mayoría de los combustibles contienen carbono, que al quemarse produce bióxido de carbono si el abastecimiento de oxígeno es suficiente, de lo contrario el producto será monóxido de carbono. Algunos otros gases que se pueden formar, dependiendo del material que se trate, de la cantidad de oxígeno disponible y de la temperatura de combustión son: sulfuro de hidrógeno, bióxido de azufre, amoníaco, fosgeno y cloruro de hidrógeno.

2.- Flama:

La combustión de los materiales en presencia de oxígeno abundante es generalmente acompañado de un desprendimiento de luz llamado flama. Donde la flama puede ser vista, el observador estará seguro de que es fuego, ya que la flama muy raramente está separada una distancia apreciable del lugar en donde el material se está quemando, sin embargo el humo, calor y gases, pueden producir fuegos sin presencia de flama, dejando lugar a la brasa, que también tiene desprendimiento de luz.

3.- Calor:

El calor es el producto de la combustión responsable de que el fuego se propague, ya que inicia la pirólisis en todos los materiales combustibles que le rodean, llevándolos también a la combustión. Por otro lado, los daños fisiológicos por el hecho de respirar aire caliente puede causar deshidratación, bloqueo del aparato respiratorio, agotamiento extremo, taquicardia, llegando a límites insoportables por los animales, incluyendo el hombre. Estos factores son de suma importancia para el personal de ataque y rescate, ya que la primera de las cosas que se tiene que salvar es la vida humana.

4.- Humo:

Los gases del fuego de combustibles ordinarios como madera, contienen bióxido y monóxido de carbono. Bajo la condición bastante común de insuficiencia de oxígeno para completar la combustión, están también presentes el metano, metanol, formaldehído y ácidos fórmico y ascético. Estos gases son usualmente desprendidos

desde el combustible a una velocidad suficiente para arrastrar con ellos pequeñas partículas inflamables líquidas y sólidas que aparecen como humo. Partículas de carbono formadas por la descomposición de esas partículas inflamables no son exclusivas de los combustibles sólidos, sino que están también presentes en los gases del fuego de los productos del petróleo, particularmente de los aceites pesados y destilados. La composición de los gases depende de la naturaleza del combustible, de su calentamiento, del oxígeno circundante y de la temperatura a la que esos gases expelidos.

Las pequeñas partículas de carbón, los productos de descomposición de la madera que son visibles y los gases de fuego se tornan visibles formando las partículas que son generalmente definidas como humo. Ciertos gases del fuego (como óxidos de nitrógeno) y en algunas instancias vapores condensados y líquidos atomizados contribuyen mas a la visibilidad de ellos. Sin embargo existen ciertas condiciones de combustión, bajo las cuales los materiales pueden quemarse sin la liberación de productos visibles de la combustión, sin que esto quiera decir que no se está produciendo humo. (Ver capítulo 4, sección 4.2).

De la misma manera en que los gases y la temperatura de combustión pueden causar daños fatales a la vida, las partículas líquidas y sólidas en suspensión (que en adelante serán llamadas humo) entre los gases también tienen efectos nocivos. Generalmente causan gran irritación cuando han sido inhalados por tiempo relativamente prolongado, provocando serios daños al aparato respiratorio. Partículas en los ojos causan lagrimeo con entorpecimiento de la visión. Cuando se acumula en la nariz y tráquea causa tos y estornudo, obligando a "respirar tosiendo o estornudando", provocando la inhalación de mayor cantidad de gases, incrementando sus efectos nocivos pudiendo llegar a la imposibilidad de respirar.

El humo generalmente tiene algún color, olor, tamaño definido de partículas que reflejan la luz, obstruyendo su paso.

Estas características necesarias son las que han sido aprovechadas por el hombre para diseñar los aparatos que en la actualidad nos sirven para detectar el humo prácticamente de cualquier material en combustión, principalmente cuando el comburente es el oxígeno del aire.

1.3 EDUCACION EN LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIO.

Todos los países que tienen un cierto grado de desarrollo, se han visto obligados a tener una planta productiva que tenderá siempre a ser como la de los que son desarrollados, en los que la regulación y reglamentación de los tipos de equipos,

calidad de instalaciones, etc. están apegados a un concepto para el desarrollo de la nación, que tiende a la preservación de sus habitantes y el mejor sostenimiento de sus fuentes de trabajo. Una de las actividades en la que se ve reflejada esta forma de pensamiento es la cantidad de recursos humanos y económicos que se tienen destinados al desarrollo, fabricación e instalación de los productos para la protección contra incendio.

En países como Alemania, Francia y Estados Unidos, se estima que la inversión de capitales destinados al equipo de seguridad en un negocio oscila entre el 12 y 15% del total de la inversión, lo que nos permite darnos una idea de la cantidad y calidad de equipos que existen en ellos. Esto no es más que un reflejo de la conciencia que sus personas y gobiernos tienen respecto a la idea de que el fuego pueda acabar con lo que ya ha absorbido parte de los recursos sociales para generar trabajo. De este modo, en los países altamente desarrollados no existe la posibilidad de iniciar las actividades productivas de un negocio sin que se tengan protegidas contra incendio sus instalaciones.

Desgraciadamente en las naciones menos desarrolladas y subdesarrolladas, por lo general, no existe plena conciencia del riesgo que se está corriendo al no tener sistemas de protección, por lo que las regulaciones por parte de las autoridades en estos renglones es muy limitada. Si a esto anexamos que la existencia de capitales es menor y la necesidad de producción mayor, veremos que estos recursos serán utilizados no en protección, sino en producción, dejando con mayor susceptibilidad de fuego a esas instalaciones. De este modo (como dicen algunos inversionistas), "es que eso es muy difícil que pase", pero la realidad es que cuando pasa, se mueren muchos y se destruye todo.

Por experiencia propia, recuerdo a una empresa en 1992, a la que se le hicieron algunas sugerencias de sistemas contra incendio, con un presupuesto, a lo cual el administrador de riesgos respondió que era mucho dinero y excedía el presupuesto que tenía asignado para la protección de la planta, razón por la cual no se hizo caso alguno a esas sugerencias. Dos meses después, el Departamento de Bomberos exigió la instalación de algunos de ellos y les dieron plazo de 2 meses para llevarlo a cabo. Una semana antes de la nueva visita de los bomberos se encontraban en esa planta colocados de manera aparente los gabinetes de los hidrantes que se les exigían, pero no contaban con tubería alguna de abastecimiento de agua. Dos días después de este "fabuloso truco" la planta se quemó y sus pérdidas por daños directos de fuego se estimaron en 600 millones de pesos.

Ante esto, la única posibilidad que tenemos para hacer que nuestras empresas e instituciones tengan planes adecuados de protección contra incendio es el desarrollo de tecnología de manera inteligente, aprovechando las experiencias pasadas, ya sean propias o ajenas, en lo que se refiere a la determinación de las causas del fuego, su crecimiento y de las condiciones que dieron lugar a fallas en los equipos o las personas en estas situaciones. Se cuenta a nivel mundial con una amplia información acerca de servicios de los

Departamentos de Bomberos, las falsas alarmas y de incendios junto con reportes financieros y de peritos de investigación de desastres que vistos como un mismo suceso forman las bases de la preparación de presupuestos y la justificación del personal y el equipo que sea necesario. Evaluando cuidadosamente los archivos y los detalles de incendios y de las operaciones de los cuerpos de bomberos, se puede determinar si es necesario personal o equipo de seguridad adicionales o simplemente una reubicación del existente.

Ese banco de información debe formar la base para los programas de entrenamiento y capacitación del personal que se encargará de la seguridad en cualquier organización, sabedores de las experiencias del pasado, del manejo de las operaciones exitosas, incluyendo inclusive el accionar del Departamento de Bomberos. Necesitamos una mejor calidad en la educación al público en general en lo que se refiera al conocimiento, prevención y ataque al fuego utilizando esos informes e involucrando a las autoridades del trabajo, de educación, de protección civil y de toda institución que tenga que ver con el bienestar de un grupo social.

1.4 ESTADISTICA DE PERDIDAS POR CAUSA DE FUEGO

La estadística aquí presentada no incluye ninguna de las pérdidas en incendios dentro de la República Mexicana, ya que desgraciadamente no contamos con un organismo o asociación que recopile toda la información en cuanto a eventos de incendio se refiere. Por esto, estos datos corresponden a los incendios dentro de los Estados Unidos reportados a todas las oficinas de bomberos de ese país.

Las tablas siguientes muestran estadística de pérdidas por causas de incendio que se han dividido en varias partidas, de manera que se podrán encontrar pérdidas humanas en diferentes tipos de edificios, por edades y económicas per cápita de los últimos años.

De este modo, la primera tabla queda de la siguiente manera:

1.- Pérdidas humanas por edades, incidentes de fuego de 1960 a 1984.

	Nº	Porcentaje
Menores de 5 años de edad	53,368	17.6
Entre 5 y 14 años de edad	30,288	10.0
Total acumulado en niños	83,656	27.6
Entre 15 y 64 años de edad	135,792	44.7
A partir de 65 años y mayores	84,176	27.7
Total de muertes de 1960 a 1984	303,624	100.0

2.- Pérdidas humanas en diferentes tipos de edificios, de 1960 a 1984.

Total de fuegos analizados	Tipo de ocupación		
	Ed. públicos	Instituciones de Salud	Mercantil, Oficinas Industriales, etc.
Causa de la muerte;	8	88	604
- Asfixia por productos de la combustión	152	200	256
- Quemados por fuego sin control	56	72	808
- Lesión de muerte por colapso de pisos o paredes	2	0	16
- Por saltar de las ventanas	0	3	1
- Paro cardíaco por la exposición al fuego	6	8	1
- Otras causas	8	0	16

3.- Pérdidas económicas per cápita en los Estados Unidos de 1960 a 1984.

Año	Dólares	Año	Dólares
1960	1,580.00	1973	2,273.40
1961	1,720.50	1974	2,365.10
1962	1,743.80	1975	2,404.90
1963	1,699.30	1976	2,327.60
1964	1,729.20	1977	2,574.50
1965	1,790.10	1978	2,543.30
1966	1,877.60	1979	2,648.50
1967	1,968.20	1980	2,759.30
1968	1,972.50	1981	2,977.00
1969	2,067.90	1982	3,087.30
1970	2,189.30	1983	3,046.20
1971	2,236.60	1984	3,135.00
1972	2,254.30		

* Todos los datos estadísticos tienen como fecha más reciente 1984. Esto se debe a que no se tienen los reportes posteriores de éste tipo de pérdidas.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS DE LOS RIESGOS

En éste capítulo se dará una breve clasificación de riesgos, en la que el factor más importante es el tipo de material combustible, dejando a otras clasificaciones en segundo término. Como se sabe que el objetivo de esta tesis es cubrir las áreas de oficina, se dará una escueta información acerca de la clasificación de los materiales de riesgo de incendio, haciendo especial hincapié en las propiedades de los combustibles sólidos ordinarios, que son compuestos a base de celulosa. Por último se mencionarán algunas condiciones y actos inseguros en los que usualmente el personal que labora en los riesgos motivo de esta tesis, dejando ver que pese a ser tan "insignificantes", son muy frecuentes e incrementan seriamente el riesgo de incendio.

2.1.- CLASIFICACION:

La clasificación de riesgos en protección contra incendio depende de dos factores esencialmente, que son: La fuente de ignición y la cantidad de material combustible, llegando a lo siguiente;

Riesgo Ligero;

Es aquel en el que no existen fuentes de ignición constantes, la carga combustible consiste en sólidos, de manera que un incendio puede considerarse remoto. Ejemplos de estos casos son: Iglesias, casas habitación, edificios públicos, hoteles, edificios de oficinas y escuelas.

Riesgo Ordinario;

Este riesgo se ha subdividido en tres partes, entre las que quedan incluidos los comercios, fábricas y plantas industriales.

Grupo 1; Comprende propiedades en las que la carga combustible es baja, no existen substancias inflamables en cantidad representativa y la altura de sus interiores no favorece el amontonamiento de materiales. Ejemplos de este grupo son Restaurantes, teatros, lavanderías y talleres.

Grupo 2; Comprende propiedades en las que la combustibilidad y arreglo de los contenidos es menos favorable que el grupo 1, tales como harineras, plantas textiles, plantas de publicidad e impresión y fábricas de zapatos.

Grupo 3; Son aquellos en los que tienen alta combustibilidad de los contenidos y la altura permite la estiba de materiales. Algunos ejemplos de este grupo son Fábricas y procesadoras de papel, bodegas y plantas de procesamiento del hule.

Riesgo peligroso;

Esta categoría incluye edificios o porciones de ellos en los que el riesgo de incendio es considerado severo, tal como los de proceso de preparación del algodón, plantas explosivas, refinerías, fábricas de barniz, o semejantes a éstos, si como el procesado, mezclado, almacenamiento de líquidos inflamables.

De acuerdo a éstas definiciones, el campo de acción de este trabajo será únicamente para los riesgos ligero y ordinario 1, que por su naturaleza queda en evidencia que en cualquier planta o edificio por ligero o peligroso que esté calificado, existirán secciones de ellos que estén dentro de los parámetros de cobertura presentados en esta tesis.

Dependiendo del objetivo que se busque, las plantas productivas e inmuebles pueden ser clasificados de múltiples formas, como pueden ser por el tipo de construcción, de la altura, del consumo eléctrico, etc., pero para fines de protección contra incendio esto no es importante. Lo que va a marcar la diferencia entre uno y otro será el tipo de materiales que se están alojando en un inmueble, dejando en segundo término las otras formas de clasificación.

2.2.- TIPOS DE COMBUSTIBLES;

Como se trató en el capítulo anterior, sabemos que los materiales combustibles son principalmente los que están compuestos de hidrógeno y carbono, sin que esto sea una regla universal (se sabe inclusive que algunos metales son combustibles y su composición de estos es cero, como el magnesio).

Para fines de este estudio, que se está tratando de localizar con oportunidad suficiente como para evitar un incendio en áreas de oficina, los combustibles que son propios de estos lugares excluyen los hidrocarburos, los agentes químicos, polvos y metales, por lo que se tratarán únicamente los combustibles sólidos ordinarios, aunque a continuación se da una breve clasificación de los tipos de combustibles.

A) Líquidos inflamables y combustibles:

Los líquidos, como se sabe, no tienen forma propia, por lo que ocupan siempre la forma del recipiente que los contiene. A diferencia de los gases, pueden ser comprimidos en una mínima proporción y cuando se les deja libremente no sufren expansión volumétrica alguna, sin embargo al ser calentados, tienden a convertirse en gases, que a su vez pueden licuarse con incremento de presión.

La diferencia entre líquidos inflamables y los combustibles estriba en la temperatura de evaporación, de manera que los inflamables constantemente están emanando gases que pueden ser incendiados por una fuente de ignición y los líquidos combustibles requieren de una temperatura más elevada para que puedan emanar una cantidad de gases suficiente para iniciar la combustión.

Para fines de protección contra incendio, los líquidos inflamables son aquellos que estando a una presión de 1 atmósfera tienen una temperatura de ignición (es la temperatura a la cual una pequeña chispa puede generar la inflamación de los gases evaporados con liberación de energía suficiente para que la combustión se continúe) inferior a los 60 °C y tienen una presión de vapor no mayor a 2.75 Bar, a 38 °C. Los líquidos inflamables han sido divididos en dos clases;

Clase 1: Aquellos que tienen una temperatura de ignición por debajo de 38 °C, que a su vez pueden ser divididos en tres partes:

Clase 1A: Aquellos que tienen una temperatura de ignición por debajo de los 23 °C y una de ebullición por debajo de los 38 °C.

Clase 1B: Aquellos que tienen una temperatura de ignición por debajo de los 23 °C y una de ebullición por arriba de los 38 °C.

Clase 1C: Aquellos que tienen una temperatura de ignición entre los 23 y 38 °C.

Clase 2: Aquellos con temperatura de ignición entre los 38 y 60 °C.

Los líquidos combustibles tienen una temperatura de ignición por arriba de los 60 °C. Estos líquidos al estar a temperaturas más elevadas deben ser tratados como líquidos inflamables.

Underwriters Laboratories de los Estados Unidos ha clasificado en 5 grupos a los líquidos combustibles e inflamables, relacionando su inflamabilidad en el ambiente, quedando de la siguiente manera;

	Inflamabilidad (%)
Clase Eter	100
Clase Gasolina	90 - 100
Clase Alcohol etílico	60 - 70
Clase Keroseno	30 - 40
Clase aceites de parafina	10 - 20

B) Gases:

Los gases no tienen volumen ni forma definida, por lo que toman los del recipiente que los contiene. Independientemente de que los gases puedan ser licuados por reducción de su temperatura o por incremento de presión, el término gas se refiere a las substancias que se encuentran en estado gaseoso en condiciones de presión de una atmósfera y una temperatura de 20 °C.

Dado que los gases tienden siempre a la expansión de sus moléculas, se sabe que si un gas es combustible, será también un gas inflamable, ya que al ser liberado a la atmósfera, reaccionará con el oxígeno del aire en la presencia de una fuente de ignición. Usualmente los gases combustibles utilizados para procesos industriales son los licuados de petróleo (butano, propano), el acetileno y el hidrógeno.

C) Químicos:

Aunque se sabe que no todos los químicos representan en sí mismos un riesgo de incendio, se sabe que pueden ocasionar reacciones con otros materiales que sí estarán en riesgo de incendio. Considerando esta premisa, la NFPA ha clasificado a los materiales químicos de la siguiente forma;

- Los agentes oxidantes;
Ej. Nitrato de sodio, de potasio y de amonio, Peróxido de Sodio, potasio y estroncio, clorato de potasio, permanganato de potasio y clorito de sodio.
- Los que son combustibles ;
Ej. Sulfocianato de plomo, nitroclorobenceno, pentasulfuro de antimonio y de fósforo, azufre y naftaleno.
- Los que son inestables;
Ej. Acetaldehídos, óxido de etileno, peróxidos de éter, nitrometano y estireno
- Los que son corrosivos;
Ej. Acido sulfúrico, nítrico,, clorhídrico y perclórico.
- Los que reaccionan violentamente con agua o aire;
Ej. Sosa cáustica, anhídridos, hidruro de sodio y de litio, óxido de calcio, fósforo blanco y rojo e hidrosulfuro de sodio.

D) Polvos:

El riesgo de los polvos no es propiamente incendio, ya que usualmente son explosivos, pero se consideran dentro de esta clasificación por el fuego que se puede producir posterior a la explosión. En términos reales se puede decir que todo material combustible es explosivo, todo depende del tamaño de las partículas en las que está dividido (esto incrementa su posibilidad de reaccionar con el oxígeno libre del aire cuando existe una fuente de ignición). Los casos más comunes de explosiones de polvos son los de harinas de cereales, que desde 1900 hasta 1985 han sido en los estados Unidos un total de 234.

E) Metales:

Los metales que están reconocidos como combustibles son el magnesio, titanio, sodio, potasio, aleaciones de sodio-potasio, calcio, litio, hafnio, zirconio y zinc. Existen otros metales que en condiciones normales no son combustibles, pero a cierta temperatura y tamaño de partícula (del polvo) de aluminio e hierro, presentan explosión al momento de la ignición.

F) Plásticos:

Los plásticos generalmente son compuestos orgánicos sólidos, por lo que la mayoría de ellos puedan entrar en combustión bajo ciertas condiciones. El estado inicial de la producción de plásticos son monómeros, que usualmente son líquidos o gases y algunos son altamente inflamables y reactivos. Bajo la influencia del calor, presión o químicos reactivos los monómeros son polimerizados a sólidos o resinas semisólidas. Existen cerca de 40 clases de grupos de plásticos o polímeros, llegando a tener miles de combinaciones. Además de los propios polímeros la mayoría de los plásticos terminados contienen colorantes, aglomerantes, estabilizadores, lubricantes y otros aditivos especiales. La forma de presentación de cada producto al mercado que aparece en un material sólido, ya sea como película, hojas, espumado, fibra sintética o polvo tiene un comportamiento ante el fuego significativamente distinto en cada caso. De este modo hay plásticos que pueden ser aplicados como retardantes de fuego y otros que son altamente combustibles.

Los grupos principales de plásticos son:

- | | | |
|----------------|------------------|---------------|
| - Copolímeros | - Polímeros | - Iniciadores |
| - Aceleradores | - Monómeros | |
| - Aglutinantes | - Termoplásticos | |

G) Combustibles sólidos ordinarios:

Como se mencionó en un principio, este tipo de materiales es el que más abunda en las áreas de oficina, motivo de este estudio, por lo que más adelante se profundizará en las variables que a éstos afectan en condiciones de fuego.

Definición;

El término combustibles sólidos ordinarios es usado generalmente para materiales con altos contenidos de celulosa, tales como madera, papel y materiales fibrosos (sin considerar asbestos ni fibras sintéticas). Entender las propiedades de riesgo de incendio de estos materiales es importante, ya que de ellos se deriva una gran gama de productos que constituyen un gran porcentaje de los objetos que son destruidos por el fuego.

La composición química de estos materiales consista de manera primaria en carbono, hidrógeno y oxígeno, con menores porcentajes de nitrógeno y otros elementos. Por ejemplo, la madera, que aún en estado seco es una compleja combinación de múltiples sustancias, la celulosa $[(C_6H_{10}O_5)_x]$ es siempre el principal componente en peso. Otros componentes químicos de la madera seca son; azúcares, resinas, ésteres de alcohol, minerales y agua. De este modo materiales tan comunes como el papel, que es casi 100% celulosa, algodón que tiene el 90% y otros como el yute, fibras de arbustos, también son básicamente formados por celulosa.

2.3.- IGNICION DE LOS MATERIALES.

Las variables que intervienen para que un combustible sólido ordinario inicie su combustión son los siguientes;

1.- La forma física:

El ejemplo más sencillo para ilustrar la influencia que tiene la forma física en la ignición y combustión de un material de este tipo, es una hoja de papel completamente extendida, comparada con la misma hoja hecha "taquito" compacto. Es evidente que la primera podrá entrar en combustión a menos temperatura y se consumirá más rápidamente. Las razones son las siguientes;

a) La hoja extendida presenta una mayor área de intercambio con el oxígeno del aire, por lo que es más fácilmente oxidable que una que tiene un área de contacto inferior.

b) Cualquier sección de la hoja extendida que se caliente tiene menor superficie de contacto con las partes más frías de la hoja, haciendo que la conducción térmica sea baja, provocando la ignición temprana de la parte más caliente. Por el contrario, una hoja compacta, al ser calentada desde el exterior, conduce el calor hacia el interior, necesitando con ello que toda la masa se encuentre caliente para que la parte exterior pueda entrar en ignición.

De esto se concluye que mientras existan más puntos de contacto con el medio, el material tiene mayores probabilidades de entrar en ignición y de quemarse más rápidamente. Otro ejemplo claro de esto es el cartón corrugado.

2.- La conductividad térmica:

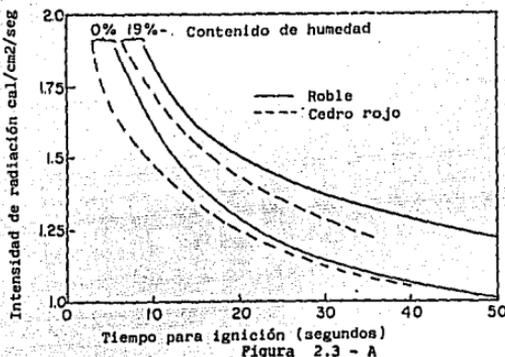
La conductividad térmica es la medida de calor que puede fluir a través de la masa de un cuerpo. De éste modo, sabemos que la madera es un pobre conductor térmico (aislante), por lo que es posible sostener con los dedos un palillo que se está quemando en un extremo sin sentir calor excesivo, lo cual no se puede hacer con una barra de aluminio (alta conductividad térmica).

En algunas ocasiones la combustión es lo suficientemente lenta como para que pueda ser observado este fenómeno, principalmente cuando es aún incipiente (la superficie caliente no alcanza a sustentarse en combustión), pero en condiciones avanzadas, el proceso se puede acelerar de tal manera que no puede ser observado, debido a que la baja conductividad térmica del material impide que el calor exterior sea transmitido al interior, manteniendo la producción de más gases combustibles que preservan el crecimiento del fuego.

3.- El contenido de humedad:

En pruebas de laboratorio se ha determinado que materiales del mismo tipo y forma física varían seriamente su comportamiento cuando se les varía el contenido de humedad. En el experimento del Departamento Británico de la Investigación Científica e Industrial se observó que el contenido de humedad en el roble y cedro rojo influye en el tiempo necesario para hacerla entrar en ignición y en el tiempo y forma en que se consume una vez que se ha encendido.

La razón de lo anterior es que el vapor de agua que está contenido por el material, debe ser evaporado antes de que se pueda alcanzar la temperatura de ignición. A continuación se muestra la gráfica que desarrolló este instituto en el experimento mencionado.



La cantidad de humedad de los materiales de alto contenido de celulosa depende de la humedad del ambiente en que se encuentran, ya que la mayoría de ellos tiene la facultad de absorberla del medio. Algunos de ellos pierden o ganan humedad con facilidad si se dividen en partículas pequeñas cambiando su combustibilidad en poco tiempo. Ejemplos de éstos son el papel periódico y los de conservación de contenido de agua son papel bond y la madera de roble.

Como regla general, cuando los materiales constituidos principalmente por celulosa tienen un contenido de humedad superior al 15% es difícil hacerlos entrar en combustión, aún cuando la fuente de energía sea relativamente grande. Este es un indicador importante en la prevención de la ignición, de la propagación y de la extinción del fuego cuando se le está atacando con agua, sin dejar de pensar en la evidencia de que una fuente grande de calor podrá evaporar rápidamente esa humedad y hacer nuevamente combustible la masa.

4.- Temperatura y fuente de ignición:

Además de las anteriores, la temperatura de ignición es otro de los factores que determinan el inicio en la combustión de un material, aunque aún bajo pruebas de laboratorio no se llega a resultados concretos de las temperaturas de ignición de los materiales con alto contenido de celulosa, especialmente madera. Las variaciones son amplias y no permiten dar un dato preciso de la temperatura necesaria para alcanzar la ignición.

Por ejemplo el Laboratorio Madison de los Productos del Bosque, Wisconsin, E.U. en pruebas con bloques de 6 x 6 x 100 mm de seis diferentes especies encontró que las muestras pueden ser calentadas desde 157 hasta 196 °C por 40 minutos en una corriente de aire caliente a temperatura constante sin mostrar ignición.

Posteriormente se hicieron otras pruebas a temperaturas de 320 a 349 °C para maderas suaves y de 312 a 393 °C para maderas duras, notando que la relación de la gravedad específica de la madera con el tiempo y temperatura de ignición es muy estrecha.

Por otro lado la Oficina Nacional de Estándares de Washington D.C. hizo pruebas con coníferas (maderas suaves) y maderas pesadas, reportando temperaturas de ignición desde los 192 hasta los 220 °C en muestras del tamaño de un cerillo.

Reporte de la NFPA como resultado de su investigación de temperaturas de ignición de productos forestales encontró los resultados que se muestran en la siguiente tabla, la cual es el resultado de mantener las muestras a temperatura constante hasta que ha producido suficiente cantidad de gases combustibles para incendiarse en una flama piloto localizada 13 mm por arriba de la muestra.

MATERIAL	NO IGNIC. EN 40 MIN. °C	EXPOSICION ANTES DE IGNICION, MINUTOS						
		180°	200°	225°	250°	300°	350°	400°
PIÑO DE HOJA LARGA	157	14.3	11.8	8.7	6.0	2.3	1.4	0.5
ROBLE ROJO	157	20.0	13.3	8.1	4.7	1.6	1.2	0.5
ALERCE AMERICANO	168	29.9	14.5	9.0	6.0	2.3	0.8	0.5
ABETO	187	--	--	15.8	9.3	2.3	1.2	0.3
SECOYA	157	28.5	18.5	10.4	6.0	1.9	0.8	0.3
ENCINO	168	--	14.5	9.6	6.0	1.6	1.2	0.3

TABLA 4.1.1

Otras pruebas hechas posteriormente con muestras de madera de otros bosques arrojaron los resultados que se muestran a continuación;

HADERA	TEMP. AUTO IGNICION ° CENTIG.
CEDRO ROJO	192
PINO BLANCO	208
PINO DE HOJA LARGA	220
ROBLE BLANCO	210
ABEDUL	204

TABLA 4.1.2

MADERA	TEMP. AUTO IGNICION ° CENTIG.
PINO DE HOJA CORTA	228
PINO DE HOJA LARGA	230
ABETO	260
PINO BLANCO	263

TABLA 4.1.3

De estos experimentos se ha determinado que la temperatura de ignición de la madera es alrededor de los 200 °C, aunque la temperatura considerada como segura para la exposición de la madera durante tiempo indefinido y sin ignición es de 65 °C.

Lo anterior está basado en que las partes calientes de la madera, por ejemplo cuando están en contacto con tubos de vapor, se forman puntos de carbón que pueden calentarse espontáneamente llegando a la ignición.

La temperatura de ignición de los combustibles sólidos ordinarios está también sujeto a estas variables. Algunas pruebas de la Oficina Nacional de Estándares de los E.U. en otros combustibles sólidos ordinarios utilizando los mismos métodos que los mencionados para la madera, arrojaron los resultados que se observan en la tabla siguiente;

MATERIAL	FORMA	TEMP. AUTO IGNIC. GRADOS CENTIG.
PAPEL FILTRO	TIRAS	232
PAPEL BOND	TIRAS	230
ALGODON ABSORBENTE	ROLLO	266
TELA DE ALGODON	ROLLO	230
TELA DE LANA	ROLLO	205
RAYON	ROLLO	280

TABLA 4.1.4

Los datos mostrados en esta tabla son de laboratorio, con una flama piloto, por lo que se sabe que en caso de incendio las temperaturas y puntos de transferencia de calor serán mucho mas elevadas, anticipando por eso la temperatura de ignición del laboratorio. Por ejemplo, la temperatura de ignición (en laboratorio) para una sección de papel filtro es de 232 °C , mientras que una flama de cerillo está cerca de los 1,000 °C, la mayoría de los arcos eléctricos tienen temperaturas por arriba de 1,100 °C y por último un cigarrillo oscila entre los 288 °C en el exterior hasta 730 °C en el interior cuando se le está succionando (forzando aire a la combustión).

Si se toman en cuenta las temperaturas que se pueden alcanzar con estos simples ejemplos, se podrá apreciar que los combustibles sólidos ordinarios pueden entrar en ignición a través de la energía de estas fuentes, sin que esto signifique que van a continuar en combustión. Un estudio en el que se hicieron pruebas con cigarrillos mostró que éstos pueden iniciar fuegos en materiales únicamente cuando se tiene la oportunidad de que se forme una brasa en el combustible sólido, lo cual indica que el material deberá ser capaz de soportar el proceso subsecuente de combustión sin presencia de flama. La mayoría de los materiales combustibles sólidos tienen esta facultad, ya sea en mayor o menor grado, siendo que los mas aptos para ello son los de alto contenido de celulosa. Otros materiales se funden cuando son calentados, como las fibras sintéticas, hules espumados, etc., por lo que el calor suministrado es absorbido para la fusión, sin permitir que llegue a su temperatura de combustión.

5.- Periodo de calentamiento:

El período de calentamiento es un factor de influencia susceptible para la ignición de los materiales sólidos ordinarios, que son considerados menos peligrosos que los líquidos y los gases, dado que no desprenden sustancias inflamables en condiciones ambientales. De este modo, necesitan el contacto con una fuente de calor por un largo tiempo, suficiente para que se presenta la ignición.

Recordando la tabla 4.1.1, en la que se puede apreciar que una baja temperatura aplicada por un largo período de tiempo puede causar la ignición de un sólido, podremos también contar con la situación inversa, es decir, que se tenga una fuente de ignición de muy alta temperatura por un corto período de tiempo que no producirá ignición. De este modo, es una práctica recomendable el mantener aislados los objetos calientes aunque se crea que no sean suficientes para producir la ignición de un material.

De todo lo anterior, se concluye que la temperatura de ignición dependerá de las siguientes variables;

- a.- De la gravedad específica del material
- b.- De sus características físicas (tamaño, forma y cont. de humedad)
- c.- De la naturaleza de la fuente de calor
- d.- Del período de calentamiento
- e.- Del aire (oxígeno) disponible

2.4.- CONDICIONES Y ACTOS INSEGUROS:

Hasta ahora se han analizado por separado las características y los materiales que pueden estar en combustión, sin tomar en cuenta la acción misma del hombre, que en una gran cantidad de casos en incendios es el que origina que una situación de fuego se presente.

En términos generales, las condiciones y actos inseguros son aquellos que representan una situación anormal de la posición, de la función o del uso de una máquina, objeto o persona. De este modo, se pueden considerar los eventos inseguros dentro de las áreas de producción (obreros de planta) y las de administración de la producción (oficinas).

En ambos casos, las situaciones inseguras llegan hasta donde la "astucia o inteligencia" de una persona tiene y que generalmente ignora o quiere ignorar las consecuencias que esas prácticas pueden traer. De este modo sería absurdo pensar que alguien que razona, pudiera utilizar un elemento de trabajo para provocar un incendio y morir o provocarse un daño así mismo. Dado que esta premisa es válida para toda circunstancia, se puede decir que la mayoría de los actos inseguros en los que se cae, son por la falta principalmente de capacitación de factores de riesgo o falta de herramientas o productos de uso específico.

De lo anterior se deduce que podemos encontrar en las áreas de producción desde la utilización de un bote de pintura o basura como escalera (una de las faltas más comunes y menos peligrosas), hasta la utilización de un soplete de corte para desarmar una línea dentro de un peine de tubos (una de muy alto riesgo) y para las áreas de oficina desde la conexión de una máquina de escribir atravesando el cable en un pasillo (leve) hasta el utilizar como papelería un cubo de registro de alimentación eléctrica.

Ejemplos para tipificar el número y tipo de actos y condiciones que se generan en el área de trabajo estarían de más si no se considera la causa principal que motiva a todos ellos, que es la forma de administrar y planear el trabajo. De este modo deberá revisarse que el personal, el equipo y las herramientas con que se cuenta en una empresa se encuentren siempre desempeñando las funciones para las que han sido adquiridas o establecidas en ella y tener la atención de satisfacer con oportunidad las demandas que el crecimiento va exigiendo.

Cuando se logra este objetivo, realmente se puede decir que las condiciones y actos inseguros serán eventuales, dejando de ser una práctica repetitiva.

Finalmente, concluyendo en lo que se refiere a la administración de riesgos en áreas de oficina, se puede decir que gracias a la presencia del hombre, existe el riesgo de provocar una condición o acto inseguro, incrementando la posibilidad de un conato de incendio, haciendo aún más necesaria la colocación de un sistema de detección temprana, o de humo.

CAPITULO III

MEDIOS DE PROTECCION

En éste capítulo, como su nombre lo deja ver, se mencionarán y se darán algunos parámetros generales en lo que se refiere a la seguridad tanto del personal, para evacuación en caso de fuego, como de ataque y control del mismo. En este modo, el capítulo se divide en tres partes; En la primera se mencionarán las características básicas de los sistemas automáticos de protección contra incendio, iniciando con los ya muy conocidos rociadores, así como de los sistemas de gases para aplicaciones mas específicas, como lo son los sistemas de dióxido de carbono y del extinto halón 1301 (y su virtual sustituto el FM-200).

En la segunda parte se mencionarán las características generales de los equipos de actuación manual, como lo son los extintores portátiles y los hidrantes, mencionando la importancia que éstos tienen cuando los medios de protección son tan sofisticados como estos mismos aparatos.

Por último, se harán comentarios relevantes respecto a protección civil, considerando el lenguaje y simbología utilizada en la industria, sistemas de alarmas, rutas de evacuación y escaleras de emergencia.

3.1.- TIPOS DE SISTEMAS AUTOMATICOS:

3.1.1 SISTEMAS A BASE DE AGUA;

Como se sabe, desde hace más de 20 siglos el agua es el mejor agente extintor que existe, debido principalmente a que es un líquido muy estable y por que tiene una gran capacidad de absorción de calor, ya que al elevar la temperatura de 1 gramo de agua un grado centígrado, requiere de una caloría, por lo que elevar 10 °C la temperatura de 1 Kg de agua, requerirá de 10 Kilocalorías, de manera que esta propiedad es prácticamente lineal y superior a todos los líquidos conocidos.

Otro factor importante en los efectos de extinción del agua, es que un volumen de líquido, al ser evaporado, ocupa 1,700 veces el volumen inicial, logrando con esto el desplazamiento de aire, limitando la cantidad de oxígeno disponible para la combustión.

Usualmente y desde hace mucho tiempo, la forma en la que el agua se aplica al fuego para sofocarlo, es por el contacto directo de un chorro sólido a la base del fuego, del cual absorberá energía para convertirse en vapor enfriándolo y limitando la cantidad de oxígeno que en ese momento lo alimenta. Esta práctica es utilizada también en la actualidad, aunque existen otras formas más eficientes de sofocar un incendio con agua, las cuales consisten principalmente en la descarga de gotas mas pequeñas, que por su poco volumen y mayor área exterior relativa, pueden ser evaporadas con mayor facilidad. Se han hecho pruebas de absorción de calor de diferentes tamaños de gotas de agua, encontrándose que las que más calor pueden

absorber son las que miden entre 0.35 mm y 1 mm de diámetro, por lo que todo equipo de aplicación de agua para fines de incendio tiende a estos valores, aunque por distintas circunstancias hay muchos de ellos aún no lo han logrado.

Dado que el agua en su estado natural contiene impurezas que ha tomado del medio ambiente, toma también con ellos la posibilidad de ser eléctricamente conductora, poniéndola en desventaja (sin que llegue a ser un absurdo utilizarla para estos casos, pero cumpliendo con ciertas condiciones) respecto a otros agentes extintores cuando se trata de riesgos de incendio con equipo eléctrico energizado, ya que existe la posibilidad de choque eléctrico que en sí mismo puede traer serias consecuencias. De esta misma manera, deben tomarse precauciones especiales en los riesgos que pueden representar que el agua descargada viaje por acción de la gravedad a sótanos en los que se encuentren este tipo de equipos.

Una consideración importante cuando se trata de sistemas a base de agua, es la mínima temperatura ambiente esperada en el área de riesgo, ya que como se sabe, su punto de congelación es 0°C a una atmósfera, lo cual puede significar el que se deban instalar medios para mantener el agua líquida dentro de los depósitos de almacenamiento, como en las líneas de distribución de la misma.

Los elementos más comunes para que el agua sea descargada de manera efectiva van desde los rociadores (casi para todo tipo de combustibles sólidos) con diferentes sistemas de operación y chiflones para ataque por bomberos, que se tratarán mas adelante.

REDES DE ROCIADORES AUTOMATICOS

Se sabe que casi todos los combustibles pueden ser enfriados por el agua hasta una temperatura tan baja que no pueden sustentar su combustión (excepto los que reaccionan violentamente con ella), por lo que bastaría el asegurar que todo espacio que represente un nivel de riesgo pueda ser cubierto dentro de una descarga de agua para tener también asegurado que su aplicación podrá extinguir el fuego y de las condiciones que pueden favorecer a su generación o crecimiento. De este modo, los estándares que se han desarrollado están basados en las siguientes variables;

A.- Por características del edificio:

- a) Hermeticidad de las losas
- b) Amplitud de las áreas abiertas
- c) Altura de los niveles
- d) Ubicación geográfica:
 - Negocios o fábricas periféricas
 - Edificios sujetos a inundación
 - Edificios en áreas sísmicas

B.- Por clasificación de riesgos (como se apuntó anteriormente):

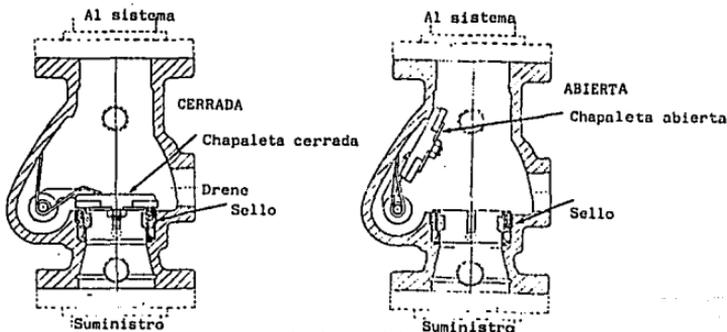
- a) Ligero
- b) Ordinario
- c) Peligroso

Esta primera fuente de datos, además de las características deseadas en la descarga, darán pie al tipo de sistema de rociadores que sea la mejor propuesta para el tipo de riesgo de que se trate, existiendo los 6 siguientes tipos;

1.- Sistemas húmedos;

Consisten en una red de tubería a la que están fijos los rociadores, con presión de agua contenida de manera permanente. Cada rociador puede ser actuado de manera independiente, de modo que al fundirse el sello del rociador por la acción del calor, el agua fluirá inmediatamente a través del orificio de descarga del mismo. La utilización de este tipo de sistema es, en todos los casos cuando no existe riesgo de que el agua pueda ser congelada dentro de la tubería de distribución. Cuando este caso se presenta, aún por períodos cortos de tiempo, se debe optar por alguna de las opciones;

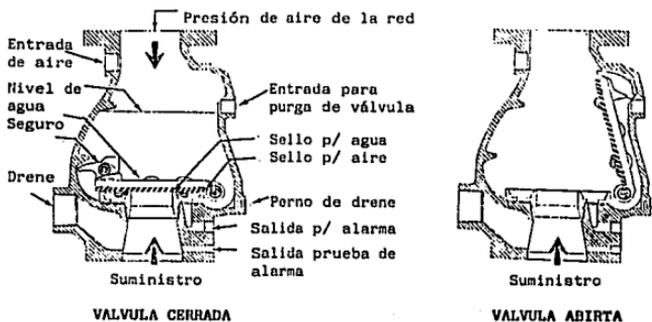
- 1A) Considerar aditivos para el agua, disminuyendo su temperatura de congelación.
- 1B) Colocar un sistema seco, o de pre-acción (se verán mas adelante).



válvula de un sistema húmedo
Figura 3.1.A

2) Sistemas Secos Regulares;

Consisten en rociadores automáticos fijos a una tubería constantemente presurizada con aire. Cuando un rociador es actuado por la acción del calor, la presión de aire se libera y provoca la apertura de una válvula de flujo (hasta la cual existe agua también a presión), permitiendo el paso del agua a toda esa sección de la red. Dado que en este tipo de sistema el agua empieza a fluir a través de la válvula una vez que se ha actuado un rociador, requiere de un tiempo adicional para que llegue hasta el punto abierto, haciéndolo más lento que el sistema húmedo, por lo que se debe tomar precaución en que el tiempo máximo de flujo por un rociador una vez que éste se ha activado no debe exceder de 1 minuto, además de que una sola válvula seca no debe alimentar más de 600 rociadores, por que el tiempo de acción sería aún mucho mayor.



Válvula de un sistema seco
Figura 3.1.B

3) Sistemas de Pre-acción;

Son sistemas que contienen aire en la tubería de rociadores, el cual puede o no estar bajo presión. La válvula de control es seca y se activa por un detector de fuego paralelo a los propios rociadores (pudiendo ser de humo, ultravioleta, etc.), de manera que se requiere primero la apertura de la válvula por el sistema paralelo para que la tubería se llene de agua y después que el calor actúe sobre los rociadores como en un sistema húmedo.

La ventaja principal de este sistema sobre el seco, es que la válvula es actuada por detectores de fuego, que en todos los casos son más sensibles que los rociadores, permitiendo que toda la línea tenga agua cuando el rociador se active.

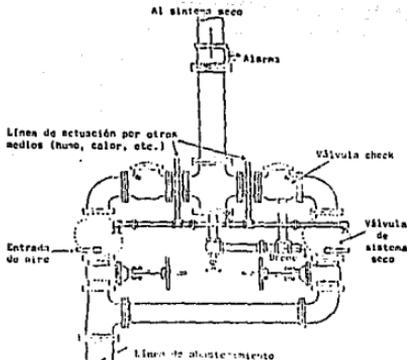
Además, desde el momento en que se abre la válvula, la alarma suena, dando oportunidad al personal de que se prepara para una descarga de agua. Por último, en este caso, el rociador puede ser removido sin provocar la descarga del sistema, a diferencia de un sistema seco. Finalmente el sistema de pre-acción puede ser clasificado como sistema seco, con estas ventajas, teniendo también la limitante de que no pueden ser controlados más de 1,000 rociadores cerrados por una sola válvula de pre-acción.

4) Sistema combinado Seco y Pre-acción;

En estos sistemas, se cuenta con dos válvulas de tipo seco, conectadas en paralelo, con la misma fuente de alimentación y con la misma línea para la descarga. También la tubería de los rociadores está bajo presión de aire. Existen detectores de fuego en paralelo, que al ser actuados, abren una válvula "de fuga" para que la presión de aire de la línea sea liberada y la red de distribución pueda ser inundada por agua, actuando posteriormente como un sistema húmedo. En caso de que el sistema de detección en paralelo llegase a fallar, el sistema puede actuar como sistema seco.

Las principales ventajas de este tipo de sistemas son;

- No está limitado a 1,000 rociadores, reduciendo con ello el equipo necesario en sistemas grandes.
- El tiempo de actuación es menor que el de un sistema seco.
- Permite el accionamiento de una alarma antes de que se produzca la descarga.



Arreglo de un sistema combinado
Figura 3.1.C

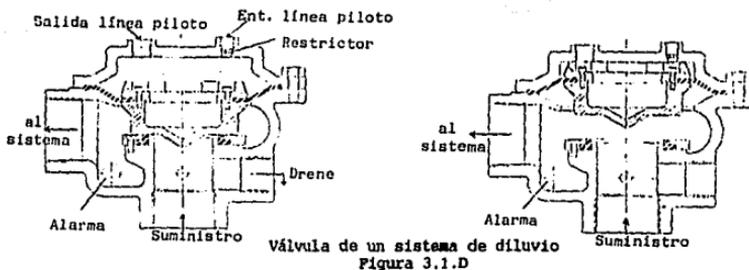
5) Sistemas de diluvio;

Este tipo de sistemas operan de manera semejante al tipo seco, con la diferencia que en este caso, todos los rociadores son abiertos y cuando la válvula de diluvio es actuada por medios de detección paralelos, el agua sale por todos los rociadores al mismo tiempo, sin necesidad de otra acción secundaria.

Este tipo de sistemas es utilizado principalmente en las áreas en las que el fuego tiene una alta velocidad de crecimiento, como lo pueden ser cuartos de combustibles, etc. de manera que se requiere que se descargue agua en todo el riesgo de manera simultánea para poder controlarlo en el menor tiempo.

CERRADA

ABIERTA



3.1.2 SISTEMAS A BASE DE BÍOXIDO DE CARBONO:

El bióxido de carbono constituye el segundo agente extintor más utilizado después del agua.

El CO₂ es un gas natural, expelido en la respiración de los animales, por lo que no es realmente tóxico. Las plantas lo utilizan como alimento, liberando el oxígeno a la atmósfera y tomando el carbono en asociación con otros elementos para transformarlo en madera.

En condiciones físicas de 1 atmósfera y 20 °C, es un gas, el cual puede ser fácilmente licuable por incremento en la presión o disminución de su temperatura.

Su temperatura crítica es de 32 °C, en la cual no es posible que exista en forma líquida a ninguna presión conocida. La curva de presión-temperatura se muestra en la siguiente figura;

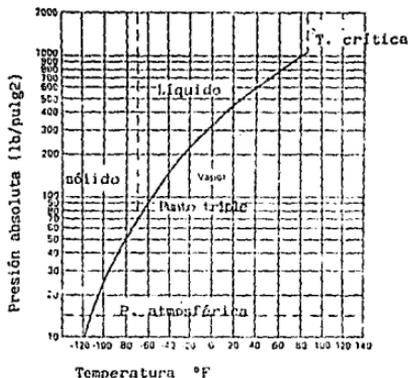


Figura 3.1.2

La forma en la que extingue el fuego es por desplazamiento del aire del medio, excluyendo con ello el oxígeno libre imposibilitando la combustión. Las propiedades que más le favorecen para que sea utilizado como agente extintor son;

- Es un gas muy estable, por lo que no reacciona con la mayoría de las sustancias.
- Debido a su presión de vapor a diferentes temperaturas no requiere de sobrepresurización por medio de otros gases (autoexpelido).
- Al ser descargado a la atmósfera (proviene del estado líquido) produce nieve carbónica (fragmentos de hielo seco) que permiten un enfriamiento del medio.
- No es conductor de la electricidad, por lo que se le ha utilizado en riesgos de tipo eléctrico energizados.
- No sufre congelamiento alguno por baja en la temperatura del medio y no deja residuo después de la descarga.

La densidad relativa del CO₂ en estado gaseoso en condiciones ambientales, comparada con la de aire seco es de 1.529, por lo que es aproximadamente 1.5 veces más pesado que el aire. Este valor es importante debido a que siempre tenderá a ocupar la parte más baja de un volumen cualquiera, manteniendo en estos niveles una atmósfera más pobre en oxígeno, limitando con ello la combustión abierta.

En términos generales, se puede decir que es apenas medianamente tóxico, aunque puede producir pérdida del conocimiento cuando se tiene en concentraciones de extinción de fuego (mínimo el 34% en volumen en el aire). La mayoría de las personas pueden estar dentro de un ambiente en el que existe una concentración de un 9% de CO₂ en aire, sin sentir molestia alguna por pocos minutos. Concentraciones mayores producen la dilatación del sistema vascular, forzando a una mayor inhalación de gases, produciendo rápidamente mareos leves, dispareidad en el movimiento y otros efectos no secundarios en el ser humano. Si la concentración de CO₂ es lo suficientemente alta (por encima del 15%) y prolongada (superior a los 10 minutos), puede provocar la muerte por asfixia.

Una de las limitaciones del CO₂ es que no es capaz de enfriar lo suficiente al material en combustión como para prevenir la reignición, de manera que un fuego aparentemente extinto, al cual se le deja de aplicar este agente, puede por efecto mismo de la temperatura que conserva, hacer reaccionar el combustible con el oxígeno libre del aire. De este modo, es necesario aplicar CO₂ por un tiempo lo suficientemente largo como para que se pueda asegurar que no se va a presentar la reignición. Esta es una característica en los combustibles sólidos ordinarios, por lo que no es el mejor agente para ese tipo de combustibles, ya que requiere un largo tiempo para enfriamiento del material.

Existen dos maneras de mantener el CO₂ almacenado para sistemas de extinción de fuego, los cuales son;

A) Sistemas de alta presión;

En este tipo de sistemas, el gas se mantiene licuado por presión, pero a temperatura ambiente (el equilibrio llega a los 21°C con una presión de 58 Kg/cm²) dentro de recipientes pequeños (cap. máxima de 45 Kg). Este tipo de sistemas es normalmente utilizado cuando la cantidad de gas requerida es baja (hasta 1,500 Kg).

B) Sistemas de baja presión;

En este tipo de sistemas el gas se mantiene licuado por presión, pero a temperatura de -18 °C por la acción de un refrigerador, encontrando el equilibrio a 20,5 Kg/cm², y dentro de recipientes grandes (capacidad mínima de 1,500 Kg y hasta 10,000 Kg). Este tipo de sistema es utilizado normalmente cuando se vuelve incosteable e impráctico el tener un espacio de almacenamiento para 35 cilindros pequeños o más.

Independientemente de la forma de almacenar el gas (alta o baja presión), existen dos medios de aplicación sobre el riesgo, los cuales son;

1.- Inundación total;

Consiste en tener un volumen lo suficientemente hermético como para que el gas descargado en el interior pueda considerarse sin fuga, desplazando al aire de ese medio, dejando sin oxígeno libre para la combustión el ambiente.

2.- Aplicación local;

Consiste en la descarga de CO2 sobre un riesgo específico, en cantidad suficiente para que se pueda considerar que no queda oxígeno libre para la combustión en la periferia del material durante el tiempo de descarga.

3.1.3 SISTEMAS A BASE DE AGENTE HALOGENADO:

Se conoce como agente halogenado a todo compuesto que en la molécula del metano o propano, tiene al menos un elemento halógeno (flúor, cloro, bromo, yodo), substituyendo a un hidrógeno, por lo que existen varias posibilidades de este tipo de agentes, como lo son los de la siguiente tabla;

Nombre químico	Fórmula	Halón N°
Bromuro de metilo	C H3 Br	1001
Yoduro de metilo	C H3 I	10001
Bromoclorometano	C H2 Cl Br	1011
Difluorodibromometano	C F2 Br2	1202
Bromodifluorometano	C H Br F2	1201
Bromoclorodifluorometano	C F2 Cl Br	1211
Bromotrifluorometano	C F3 Br	1301
Tribromofluorometano	C F Br3	1103
Tetracloruro de carbono	C Cl4	104
Dibromotetrafluoroetano	C Br F2 C Br F2	2402

En esta tabla, el número del halón, corresponde al número de átomos de halógenos que tiene una molécula de metano o de propano, siendo de la siguiente forma;

NUMERO	ej.	Halón 1301	Halón 10001
El primer número corresponde al carbono		1	1
El segundo corresponde al primero de los halógenos de la tabla periódica (Flúor).		3	0
El tercero es el segundo halógeno (Cloro)		0	0
El cuarto al tercer halógeno (Bromo)		1	0
El quinto al cuarto halógeno (Yodo)		0	1

De éstos 10 agentes halogenados, los que reúnen las mejores propiedades físicas y de combate de incendios son el 1301, el 1211 y el 2402, que son en efecto los utilizados en sistemas de extinción de incendios y en supresión de explosión, sin que esto signifique que los demás no tengan propiedades extintoras.

Los sistemas de agente halogenado están en nuestros días en etapa de reestructuración, debido a que los anteriores agentes extintores, halón 1301 (utilizado para sistemas automáticos) y halón 1211 (utilizado además para extintores portátiles), producen serios daños a la capa de ozono de la atmósfera. De este modo, su producción llegará a su fin de manera simultánea que 1993.

De cualquier manera, existen aún muchos riesgos que están protegidos con éstos gases y en algunos de ellos llevará mucho tiempo el que puedan ser sustituidos por otros agentes. Uno de estos ejemplos es la aviación, la cual tiene múltiples sistemas de halón 1301, para los cuales los contenedores están hechos específicamente con una determinada posición, forma y peso para que no desbalancen la carga del aparato, por lo que se deduce que en caso de ser reemplazados por otro tipo, tamaño o peso de contenedores, deberá modificarse el propio avión para aceptar estos cambios, lo cual visto desde el punto de vista económico es aún incoesteable.

Como ejemplo del uso de halón 1301 en la aviación, basta mencionar el nuevo avión; El Boeing 777, que volará por primera vez en 1995, fecha para la cual la producción de este gas sea caro, por lo que su costo en un "mercado negro" del producto, podrá superar los 350 Nuevos pesos por Kilogramo, cuando esta aeronave requiere de 600 Kg. de este agente para los sistemas de protección que necesita tener instalados.

Sin embargo, ante esta evidente situación, la empresa Boeing no tiene intenciones de cambiar de parecer en cuanto al uso de éste agente, ya que la modificación y nuevo peso de su proyecto le representaría mucho dinero (cuestión de enfoques).

La forma en la que el halón 1301 apaga el fuego, no está completamente entendida y mucho menos demostrada, aunque se sabe que es por la inhibición de la reacción en cadena de éste, impidiendo la reacción de mas iones libres de material con el oxígeno del aire.

Gracias a sus propiedades, los agentes halogenados llegaron a constituirse como el mejor agente extintor conocido, juntando las bondades del polvo químico seco en cuanto a la efectividad y las del bióxido de carbono en cuanto a la limpieza. Además tiene una toxicidad muy baja cuando se encuentra a concentraciones de extinción, por lo que puede ser descargado en áreas normalmente ocupadas sin efectos secundarios en los ocupantes.

Sus mayores ventajas son;

- Requieren la mínima cantidad de gas para apagar el fuego (aún cuando persistan la temperatura, oxígeno y fuente de ignición), ocupando el mínimo espacio para almacenarlo.
- No deja residuo alguno después de la descarga y apaga el fuego de la manera mas rápida conocida.
- No es conductor de la electricidad.
- Tiene una presión de vapor relativamente baja (14 Kg/cm² a 21°C) y se sobrepresuriza a 25 Kg/cm² (360 Psig), por lo que el equipo de almacenamiento no es tan robusto como el de CO₂.

Por lo anterior, éste agente llegó a ser lo óptimo para las salas de proceso de datos, en las que se requieren todas éstas características a la vez, por lo que no es extraño ver en la mayoría de las ciudades del mundo a los cuartos de cómputo protegidos contra incendio con un sistema de halón 1301, ya que éste equipo es de alto costo y justifica la instalación de un sistema de éste tipo.

Actualmente los halones están por desaparecer en la producción, por lo que la ingeniería química ha desarrollado nuevos productos para la substitución de éstos en fines de incendio, tomando ya algunas alternativas importantes, las cuales son;

- 1.- Heptafluoropropano (comercialmente es FM-200)
- 2.- Perfluorobutano (comercialmente conocido como FC 3-1-0)
- 3.- Trifluorometano (comercialmente conocido como HFC-23)

De todos éstos, se están haciendo evaluaciones de toxicidad, impacto ambiental, efectividad, temperaturas de descomposición, etc. que impiden tener la certeza de como podrán ser utilizados en el futuro, aunque por la información que se tiene hasta el momento, el "ganador" de ésta competencia es el FM-200.

3.1.4 OTROS AGENTES EXTINTORES

Además de los productos tratados en la sección 3.1.3, el hombre ha desarrollado otros muchos para aplicaciones específicas, los cuales son a grandes rasgos:

A) Polvo químico seco;

Conocido ampliamente en extintores portátiles, aunque también (menos conocido) es muy utilizado y eficiente en sistemas de extinción de aceites combustibles, ya sea para tanques de almacenamiento o en equipo de cocina de restaurantes. La forma de sofocación del fuego es también por la ruptura de la reacción en cadena de éste.

B) Espumas de baja expansión;

Son soluciones acuosas básicamente para la extinción de hidrocarburos. Son formadas por diversos métodos en los que intervienen un producto concentrado (concentrado de espuma) y agua, para resultar en una mezcla con proporciones determinadas, ya sea 1.5, 3 ó 6% de espuma en agua, que al momento de ser "aereada" por un dispositivo especial de descarga, produce la formación de millones de pequeñas burbujas de aire en la solución, reduciéndole con ello la densidad, permitiéndole flotar sobre líquidos más ligeros que el agua. El éxito en la extinción del fuego se debe a que la espuma se mantiene flotando por la superficie del combustible impidiendo la evaporación de gases para la combustión y el intercambio con el oxígeno del aire.

C) Espumas de alta expansión:

Son soluciones acuosas en las que se le suministra una cantidad tan grande de aire, que el 100% de la solución es convertido en burbujas llenas de aire, haciéndole incrementar su volumen hasta en 1,000 veces el inicial (Un litro de solución puede ser convertido en 1,000 lt. de espuma). De éste modo, es fácil "inundar" con espuma una fábrica de papel, o una bodega de hules o plásticos, etc. sofocando el incendio.

Independientemente del tipo de agente extintor que se decida emplear en la sofocación de un incendio, es necesaria la colocación de equipos de detección, ya sean de humo, temperatura, luz o presión, siendo que los primeros deberán obedecer los parámetros que se exponen en los capítulos siguientes, motivo de éste trabajo.

3.2 EQUIPOS DE ACTUACION MANUAL:

3.2.1 EXTINTORES PORTATILES CONTRA INCENDIO:

El equipo portátil contra incendio es un dispositivo que ha sido diseñado para contener y descargar una determinada cantidad de agente extintor, previamente evaluada en su efectividad. El equipo portátil debe ser fácilmente desplazable hasta el lugar del conato, ya sea por de forma manual o por medios que favorecen su movimiento, como pueden ser ruedas. La utilización exitosa de éstos aparatos depende fundamentalmente de los siguientes puntos:

- 1.- Que el aparato se mantenga en buenas condiciones de operación.
- 2.- Que la selección del aparato sea adecuada en cuanto al tipo de agente y la cantidad del mismo para un riesgo determinado.
- 3.- En el conocimiento del operador acerca de su funcionamiento y de las técnicas de extinción de fuego del agente usado para el combustible específico.

Los equipos de actuación manual, concretamente los extintores portátiles constituyen en todos los casos la primera oportunidad que se tiene para hacerle frente a un incendio, ya que es actuado por el hombre, que en la mayoría de los casos se da cuenta de la presencia de fuego antes que cualquier otro aparato, ya sea de calor, humo, temperatura, etc. De ésta manera, tienen un papel importantísimo en el control de fuegos incipientes, haciendo resaltar las anteriores 3 premisas de éxito en su utilización.

Debido a que existen gran cantidad de materiales combustibles, éstos se han clasificado en "Tipos de fuego", bajo la siguiente identificación;

Fuegos clase A:

Incluye los materiales combustibles ordinarios, tales como madera, hule, tela, papel y algunos plásticos, que requieren de enfriamiento para sofocar la combustión.



Fuegos clase B:

Incluye los líquidos y gases combustibles e inflamables, grasas y compuestos similares en los que la extinción se puede asegurar por la eliminación de la producción de vapores, excluyendo el oxígeno del medio o por la interrupción de la reacción en cadena.



Fuegos clase C:

Fuegos en los que están involucrados equipos eléctricos energizados, haciendo necesario el uso de agentes no conductores de la electricidad (cuando el equipo se desenergiza, es factible utilizar extintores clase A o clase B).



Fuegos clase D:

Fuegos que corresponden a metales combustibles, tales como el magnesio, titanio, zirconio, potasio, etc. necesitando la extracción de calor sin que exista reacción con el metal en combustión.



SELECCION DEL EXTINTOR PORTATIL:

Para contar con el mejor respaldo de extintores portátiles en un riesgo determinado, se deben tomar múltiples factores en cuenta, los cuales son;

- 1.- La naturaleza del combustible que se está protegiendo
- 2.- El potencial de severidad (tamaño e intensidad)
- 3.- La aplicación del agente correcto (normalmente hay dos opciones)
- 4.- El conocimiento del entrenamiento que tiene el personal
- 5.- La correcta distribución y ubicación (lugar y altura)

Se pone especial atención en la selección y correcta instalación de equipo portátil debido a que desafortunadamente, en México carecemos de sistemas de rociadores automáticos en la mayoría de los edificios destinados al uso motivo de ésta tesis (áreas de oficina), por lo que pueden constituir la única posibilidad de salvar del desastre a un inmueble.

Si a esto aumentamos que se puede contar con sistemas de detección temprana, la oportunidad de sofocarlo se verá incrementada enormemente.

3.2.2 HIDRANTES

Los sistemas de hidrantes constituyen (al menos para la mayoría de los inmuebles de México) la última alternativa de ataque al fuego. Por lo tanto, son parte esencial en el diseño de un edificio para cualquier uso que se le quiera dar, incluyendo desde luego, los de oficinas.

Los reglamentos nacionales de éste tipo de protecciones contra incendio, exige una descarga mínima de 227 lt/min. (60 G.P.M.), que es la que descarga una manguera de 30 m. cuando se le abastece el agua en la boquilla de descarga a una presión de 4 Kg/cm² (60 Psig), que es la mínima presión exigida en todo tipo de instalaciones, ya sea para el hidrante más alto o para el más lejano (el más crítico de ellos). La capacidad de almacenamiento en una cisterna o tanque de agua exclusivo para fines de incendio debe ser suficiente para mantener este gasto por un tiempo de 30 minutos, representando un volumen de 6.8 m³.

El sistema de hidrantes debe ser automático (arrancar cuando la presión de la línea es baja), para que se garantice el abasto necesario de agua cuando se abra una válvula en un área cualquiera.

Es obligatorio contar con brigadas contra incendio en todo tipo de instalaciones en que éstos equipos existan, ya que en caso de fuego, el tiempo que tardan en llegar los bomberos puede significar la pérdida total de cualquier inmueble.

Desgraciadamente, por experiencia propia he constatado que hay edificios de oficinas que tienen hasta 8 niveles y la única persona que sabe manejar los hidrantes es el encargado de mantenimiento y lo que es peor, hay ocasiones en que de cada 10 personas, uno solo sabe utilizar un extintor portátil, dejando ver que en caso de incendio todo el mundo saldrá corriendo y el equipo de extinción bien se puede quedar pintado hasta que lleguen los bomberos, que muy probablemente ya será tarde.

3.2.3 PROTECCION CIVIL;

Dado que el objetivo principal de todo equipo e instalación contra incendio es el mantener con vida al mayor número posible de personas, todos los procesos, equipos, accesorios, etc. de seguridad, deben estar enfocados a cumplir éste objetivo, por lo que existen diferentes medios para llegar a ello, de los cuales los más importantes son los siguientes;

A) RUTAS DE EVACUACION;

La ruta de evacuación es un elemento que debe ser concebido para las condiciones de pánico por causas de incendio. Una ruta de evacuación no es únicamente un camino a seguir por las personas que se encuentran en un piso de un edificio, sino que se compone de los siguientes elementos;

- 1.- Ruta de salida
- 2.- Medios de señalización de salida
- 3.- Miembros del cuerpo de emergencia
- 4.- Sistema de alarmas de evacuación
- 5.- Botiquín de primeros auxilios

Cada uno de ellos es parte fundamental de un verdadero plan de evacuación, ya que en ese proceso pueden suceder atropellamientos propios del pánico, falta de coordinación en las personas, lesiones leves o graves, etc.

B) BRIGADAS DE BOMBEROS;

Las brigadas de bomberos, como se apuntó en la sección correspondiente a redes de hidrantes, deben ser integradas a la mentalidad de la población económicamente activa, desde un muchacho ayudante de oficina, hasta un gerente de planta. Todas las instituciones, y con más razón los edificios de múltiples negocios que no son muy grandes (hasta 8 pisos), deben contar por lo menos con una brigada contra incendio (formada por la misma gente de trabajo), que conozca el comportamiento del fuego, la forma en que crece, como evitar que se propague, como puede ser apagado, como ventilar un área llena de humo, las áreas que representan una seguridad para el usuario, primeros auxilios y desde luego, el uso de un hidrante. Para los edificios mayores, es conveniente que existan por lo menos dos cuerpos de bomberos formados por personal de trabajo de esos mismos edificios.

Para cualquiera de los casos anteriores, es vital el equipo de protección personal para el combate de incendios, que no es más que un equipo de bombero (Botas, chaquetón, casco y guantes) con los accesorios para entrar a cubículos cerrados (pala y hacha). Estas herramientas deberán ser colocadas en un área de bajo riesgo que al mismo tiempo sea de tránsito continuo.

C) ESCALERAS DE EMERGENCIA;

Las escaleras de emergencia deben ser parte del diseño inicial de un proyecto, sobre todo cuando se trata de edificios elevados o con una alta densidad de población, ya que en ambos casos el número de personas que pueden quedar atrapadas en caso de un incendio será elevado. Ninguna escalera de servicio común puede ser considerada de emergencia, ya que ésta tiene características especiales que son;

- 1.- Tienen una atmósfera independiente a la del edificio a desalojar (debe ser exterior o con medios para que el humo no penetre en caso de que las puertas de evacuación se mantengan abiertas).
- 2.- Las puertas que dan acceso a la escalera deben estar provistas de una señal de SALIDA DE EMERGENCIA, con accionamiento de la puerta por medio de una barra de pánico.
- 3.- La escalera debe permitir que el personal pueda salir en su totalidad, más el 10%, en un tiempo menor al necesario para que el fuego llegue a su nivel de ser considerado peligroso y sea limitante en la evacuación.
- 4.- La parte terminal de la escalera debe ser un área que no tenga riesgos de acumulación de humo, ni fuego.

D) SIMBOLOGIA;

La simbología utilizada para protección civil dentro de las áreas de oficinas, se puede dividir en diferentes secciones;

- 1.- Información para prevención o ataque al fuego;



Hidrante



Extintor
Figura 3.2.3.A



No Fumar

FALLA DE ORIGEN

2.- Información para evacuación;

- Salida de emergencia; Normalmente es un letrero luminoso, con la misma leyenda que el propio mensaje. Es común encontrar que la salida de emergencia corresponda con la de escalera de emergencia, con algunos letreros adicionales como pueden ser "Mantenga libre ésta área", etc.
- Ruta de salida; Es simplemente una flecha indicando la dirección a seguir en caso de emergencia, por cualquier causa.
- En caso de incendio no use los elevadores

3.- Información general;

- que hacer en caso de incendio o temblor
- Prohibido introducir alimentos y bebidas
- Prohibido correr
- Prohibido el paso
- etc.

Cada empresa o grupo industrial tiene o puede tener sus propios señalamientos para dar instrucciones determinadas o para indicar la existencia de un aparato o equipo con un fin determinado, pero en todos los casos, el propio mensaje es una evidencia de lo que éste quiere decir o qué significa.

CAPITULO IV

FUEGO INCIPIENTE Y SU DETECCION

En este capítulo se analizará el comportamiento de el humo en las etapas incipiente y de flama de un conato de incendio, ya que el conocimiento de éste es necesario si se desea una detección temprana. Se analizarán dos grandes incendios de los últimos años y se darán las características principales de los equipos de detección de humo que existen, sus áreas de aplicación y las ventajas y desventajas que tiene cada uno de ellos y por último las limitaciones de las áreas de riesgo con la señalización necesaria.

4.1 CONPORTAMIENTO DEL HUMO EN FUEGOS INCIPIENTES;

Como es de todos sabido y ya se comentó con anterioridad, el humo es uno de los productos necesarios del fuego, desde su etapa incipiente hasta sus últimas consecuencias, pero debido a que se está abarcando el problema de una detección temprana, con posibilidades de extinguir ese fuego con el uso de un extintor portátil, es necesario el saber como se va a comportar ese humo y poder tener lo antes posible la señal de que éste existe.

Primeramente, se sabe que en todo fuego están presentes las 3 formas de transmisión de calor y que para efectos de detección de humo, únicamente nos interesará la convección, que es la causante que los productos de la combustión, al ser más ligeros por encontrarse más calientes que el medio y por ser impulsados por la corriente de convección, estarán ocupando siempre las partes más altas del volumen en donde se esté presentando el conato. La siguiente figura muestra un esquema del movimiento que tienen los productos del fuego.

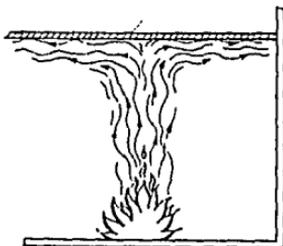


Figura 4.1.1

Como se aprecia en esta figura, el fuego recibe el abastecimiento de oxígeno libre para sustentarse en las partes más bajas. Al mismo tiempo, cuando el material consume ese oxígeno, se producen gases calientes que por diferencia de densidades y por el impulso mismo de la combustión tienden a subir formando un "cono de convección". Se puede apreciar que una vez que los gases calientes (entre ellos el humo) llegan a una limitante superior, tienen un esparcimiento lateral, que les permitirá llegar tan lejos como el tiempo que tardan en enfriarse.

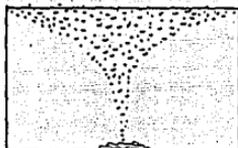
Existen distintas formas del comportamiento de un fuego incipiente, que van desde un conato autoextinguible, hasta uno de rápida producción de llama, con la evidente diferencia en el comportamiento del humo que producen. A continuación se muestran múltiples figuras que corresponden a diferentes estados incipientes de combustión.

CASO 1.- Figura 4.1-A



Esta es la condición de un fuego incipiente en el que aún no se hace presente la flama y el calor generado es muy bajo.

CASO 2.- Figura 4.1-B



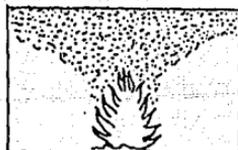
Es el estado de combustión sin presencia de flama, pero con gran producción de humo y la generación de calor crece rápidamente.

CASO 3.- Figura 4.1-C



En esta figura se presenta un fuego de rápida producción de flama, en el que las partículas de humo visibles son pocas y el calor no es muy elevado.

CASO 4.- Figura 4.1-D



Esta figura es la combinación de un fuego con flama, pero con penetración en el material, por lo que la generación de calor y humo son grandes.

CASO 5.- Figura 4.1-E



Esta figura muestra un fuego incipiente que puede ser autoextinguible o que consumirá el material por completo sin producir flama. En este caso, el humo nunca llega a tener temperatura suficiente como para llegar a la parte más alta.

De todas éstas figuras es posible tener una detección del humo que producen, solo que por razones obvias, mientras la producción de humo sea menor, se deberá incrementar la cantidad de detectores para que se pueda captar. Para fines de detección temprana, no interesan los humos producto de una causa que no sea incendio, por lo que el objetivo no es lograr una alarma con el humo de un cigarrillo. De este modo, se deben tomar en cuenta dos factores que se tratarán posteriormente, que son la cantidad de calor esperado y la altura de un área de fuego conocida.

CALOR ESPERADO Y CRECIMIENTO DEL FUEGO;

El desarrollo del fuego depende de varios factores, como se apuntó en los primeros capítulos, siendo algunos de ellos; el tipo de material combustible; su contenido de humedad, forma física, etc., que en su conjunto, constituyen las bases para determinar su tiempo de crecimiento y su potencial calórico.

Los incendios se caracterizan por la cantidad de calor que pueden liberar, medido en calorías por segundo, la cual ya no depende del tiempo de ignición, sino de la constitución misma del material que se está quemando. La NFPA ha desarrollado tablas y curvas de crecimiento del fuego para diferentes materiales almacenados a granel en grandes bodegas (que cuentan la gran mayoría de las veces con sistema de rociadores), que si bien no son el objetivo de este trabajo, aclaran dudas respecto a la velocidad con que puede crecer un incendio y la cobertura de un sistema de detección de humo para las alturas de esos lugares.

En la siguiente tabla se muestran los valores esperados del calor desprendido por un material en combustión que se encuentra almacenado en bodegas, considerando que éste se consume al 100%.

MATERIAL	TIEMPO DE CRECIMIENTO (SEGUNDOS)	DENSIDAD DE CALOR LIBERADO (BTU/SEG/PIE ²)	CLASIFICACION B = BAJO M = MEDIO R = RAPIDO
Tablillas de madera en estiba de 0.45 m. con humedad del 6 al 12%	150-310	110	M-R
Tablillas de madera en estiba de 1.50 m. con humedad del 6 al 12%	90-190	330	R
Tablillas de madera en estiba de 3.0 m. con humedad del 6 al 12%	80-110	600	R
Tablillas de madera en estiba de 4.80 m. con humedad del 6 al 12%	75-105	900	R
Bolsas de correo llenas, con estiba hasta 1.5 m.	190	35	R
Paquetes de cartón corrugado con estiba de 4.5 m.	60	200	*
Bobinas verticales de papel con estiba de 6 m.	15-28	-	*
Productos de papel densamente compactados y en estiba de 6 m.	470	-	B-M
Plancha de hule espuma en estiba de 6 metros.	8	170	*
Botellas de polietileno en caja de cartón con estiba de 6 m.	75	170	*
Partes para juguetes de poliestireno estibados a 6 m.	110	180	R

TABLA 4.1.1.1

La última columna de ésta tabla indica la clasificación del crecimiento de un incendio, y como se puede apreciar, de todos los materiales que se analizan la gran mayoría tienen un crecimiento de fuego rápido, lo que nos obliga a pensar en una detección temprana y un ataque sin demora al fuego, ya que éstos, aunque en menor medida, también se encuentran en las áreas de oficina.

Independientemente del riesgo que se trate, ya sea para bodegas o para oficinas o cuartos de almacenamiento de combustibles, el "tiempo de crecimiento del fuego" se entiende como el tiempo necesario para que un material combustible cualquiera alcance una liberación de calor de 1,000 BTU/seg. Conforme a esta definición, la clasificación de distintos materiales para determinar su tiempo de crecimiento de fuego es;

Crecimiento lento; Necesita un tiempo de 400 seg. (6 min. 40 seg.) o mayor desde que alcanza la flama.

Crecimiento medio; Necesita un tiempo de 150 a 400 seg. (2 min. 30 seg. a 6 min. 40 seg.) desde que alcanza la flama.

Crecimiento rápido; Necesita menos de 150 seg. (2 min. 30 seg.) desde que alcanza la flama.

Para la instalación de detectores de humo con materiales que producen flama rápida, la NFPA ha desarrollado gráficas de Altura-Distancia entre detectores para diferentes densidades de calor esperadas para fuegos lentos, medios y rápidos, las cuales se muestran a continuación;

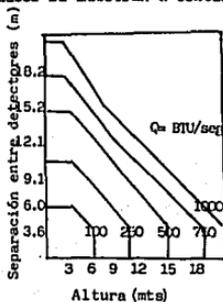


FIGURA 4.1.1-A

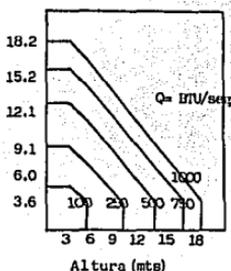


FIGURA 4.1.1-B

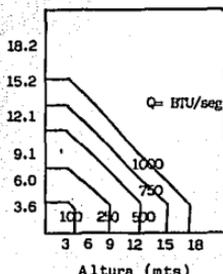


FIGURA 4.1.1-C

Las figuras anteriores pueden servir como base para determinar el espaciamiento de detectores de humo dependiendo de las condiciones del fuego, por lo que se deberá determinar primero la cantidad de calor esperado. Esta condición nos impide tener un dato preciso en las áreas de oficina, ya que la cantidad de la carga combustible y la velocidad de crecimiento del fuego tienen una variación que no permite dar un valor que pueda ser aceptado en general, aunque un parámetro más amplio se dará posteriormente.

4.2 DETECTORES DE HUMO:

Los detectores de humo son instrumentos que nos permiten el saber la presencia de humo en un área de riesgo con el tiempo suficiente para que el conato de incendio que está provocando ese humo pueda ser controlado con el uso de un extintor portátil, minimizando los riesgos de crecimiento del fuego y con ello la necesidad de la utilización de otros sistemas más complejos, incluyendo a los cuerpos de bomberos.

Los detectores de humo que se conocen actualmente son tres;

- Detector por ionización
- Detector fotoséptico
- Detector de alta sensibilidad

De éstos tres instrumentos, los dos primeros existen para protección de manera "local", es decir que su construcción es básicamente un circuito electrónico, con un analizador de muestras, por lo que el humo debe penetrar por sus propias características al detector para que pueda ser registrado, lo cual les permita que sean pequeños y se puedan utilizar uno para cada cubículo o sección de un área pequeña que exista dentro de un riesgo cualquiera. Cada detector alarma de manera independiente, por lo que es sencillo identificar el lugar en el que se produjo la detección. Si el área a proteger es grande, se requerirán muchos detectores de estos tipos. Estos dos tipos de detectores se conocen también como tipo "Spot", debido a su forma y son alimentados en un circuito de corriente directa y en serie a un tablero de control.

A diferencia de los anteriores, el detector de alta sensibilidad succiona aire del medio, haciéndolo llegar hasta un analizador interior, en el que hace una comparación de una muestra previa considerada como cero (el estándar de partículas en suspensión de un riesgo determinado), con la muestra que constantemente pasa a través de este analizador (que es en sí el detector), por lo que la identificación de la alarma deberá ser por zona, no por aparato.

4.2.1 DETECTOR DE HUMO POR IONIZACION;

Como se sabe, a temperatura y presión atmosféricas, el aire (y la mayoría de los gases) está muy cerca de ser un aislante perfecto. Sin embargo, se vuelve un conductor muy eficiente cuando está ionizado, esto es que hay separación de algunas partículas positivas y negativas de los elementos que lo componen. El aire puede ser ionizado (volviéndose conductor) por la elevación de tensión (alto voltaje) entre dos placas conductoras separadas por aire, de este modo se puede producir un arco eléctrico entre las placas cuando el aire llega a estar ionizado. Un ejemplo común del aire conductor es la caída de un rayo, en donde las nubes y la tierra tienen cargas eléctricas distintas y el aire entre ellos queda ionizado, dando oportunidad a la descarga eléctrica. Este método, aunque se sabe efectivo, es impráctico como para que pueda ser reproducible a bajo costo.

Existe otro método de ionizar el aire, que utiliza un material radioactivo, que como se sabe, se está desgastando constantemente, principalmente se descompone en tres productos;

- a) Partículas alfa b) Partículas beta c) Radiación gamma

Para efectos de esta evaluación únicamente son importantes las dos primeras, por lo que es esencial ver el esquema siguiente;

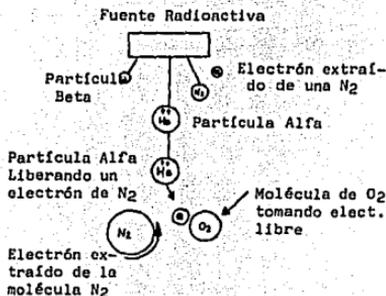


FIG. 4.2.1-A

En esta figura, se puede apreciar una partícula alfa que está cargada positivamente, ya que consiste en un átomo de helio sin electrones, teniendo como principal diferencia de cualquier ion de helio la velocidad, ya que ésta se mueve alrededor de 16,000 Km/seg. De este modo, las partículas alfa constituyen una gran masa que se mueve a una velocidad enorme, constituyendo una tremenda energía, que oscila entre los 4 a 6 millones de electrón-volts. Por esta razón, esta partícula tiene la capacidad de "arrancar" electrones de las últimas órbitas de los átomos y moléculas circundantes, sin llegar a enlazarse con ellos, dejando el espacio de aire que recorre ionizado.

Las partículas beta, que son simplemente electrones, se mueven a una velocidad aproximada de 297,000 Km/seg., que es alrededor de 18 veces más rápido que las tipo alfa, pero teniendo únicamente 1/4,000 de su masa, por lo que representan una energía aproximada de 20,000 electrón-volts, produciendo mucho menor cantidad de iones que las de tipo alfa.

Utilizando esta información básica, se puede construir una cámara de ionización;

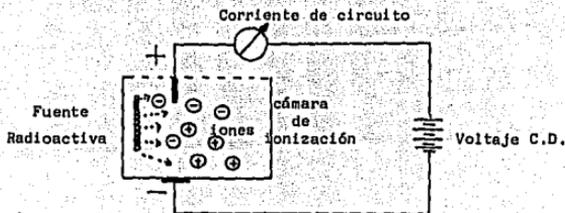
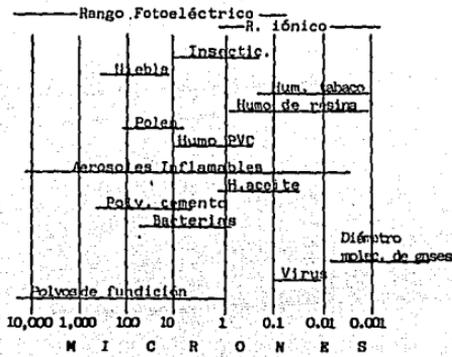


FIG. 4.2.1-B

Los elementos necesarios en este circuito de ionización son, una fuente radioactiva, dos platos metálicos, una batería y un conductor para cerrar el circuito. Cada uno de los platos está conectado a uno de los polos de la batería, por lo que tienen cargas opuestas y están aislados por aire, pero al ser colocada la fuente radioactiva entre ellos, el aire es ionizado, dejando partículas con ambos tipos de carga, que son inmediatamente atraídas por la placa de la carga opuesta, resultando una corriente de circuito que puede medirse por un amperímetro ideal (la corriente generada es aproximadamente de 10 -12 amp.).

Cuando productos de la combustión, tales como humo, o partículas de hidrocarburos complejos llegan a estar dentro de estas dos placas, también son ionizados, pero a diferencia del aire, tienen una masa mucho mayor, por lo que requieren más tiempo para llegar a la placa de carga opuesta, en donde serán neutralizados. Este "tránsito lento" incrementa la posibilidad de que estas partículas se encuentren con una carga opuesta libre (producida por la misma ionización de más materia) antes de que lleguen a la placa, quedando neutralizados antes de llegar a ella. Dado que estas partículas no son atraídas por ninguna de las placas, la lectura en la corriente del circuito decrece, incrementándose el voltaje indicando con ello la presencia de productos de la combustión.

Debido a la forma de operación de este detector, es sensible a las partículas invisibles del humo, tiene un rango de sensibilidad que va aproximadamente desde 2 micrones hasta 0.001 micrones (usualmente partículas invisibles), teniendo la capacidad de alarmarse por los productos que se muestran en la siguiente figura;



Conforme a éste principio de operación, las principales ventajas que ofrece son;

- 1.- Rápida respuesta a los fuegos de flama rápida
- 2.- Rápida respuesta a los fuegos en los que existen productos atomizados antes de que se presente flama
- 3.- No es influenciado por el color del humo
- 4.- Amplio rango de sensibilidad 2 a 0.001 micrones, que lo asocian con la mayoría de los fuegos
- 5.- Bajo consumo de corriente
- 6.- Puede cubrir áreas circulares de hasta 83 m²

Y las principales desventajas que tiene son;

- 1.- Baja respuesta a fuegos que no producen flama
- 2.- Con velocidad del viento por arriba de 90 m/min. se vuelve insensible
- 3.- La altura sobre el nivel del mar produce un incremento de sensibilidad, pudiendo llegar a permanecer en estado de alarma
- 4.- La presencia de otras fuentes de ionización disminuyen su sensibilidad

4.2.2 DETECTOR FOTOELECTRICO;

Este detector opera por el principio de cambio en la intensidad de luz registrada en un fotoreceptor.

Como se sabe y se trató en capítulos anteriores, el humo está formado por compuestos que pueden ser muy diferentes, pero en todos los casos el humo de una oxidación incompleta siempre es visible, por lo que nos impide ver a través de él cuando está muy concentrado o nos refleja la luz que está recibiendo de una fuente externa. De éste modo, la primera de éstas características del humo sirve como principio de operación para el detector de alta sensibilidad (se tratará más adelante) y la segunda es el principio del detector fotoeléctrico.

El detector fotoeléctrico está compuesto fundamentalmente por tres elementos que son;

- Una cámara oscura
- Una fuente de luz
- Una fotocelda.

Estos tres componentes se encuentran ordenados como se ilustra en la figura 4.2.2-A, en la que se puede apreciar que en condiciones normales (sin presencia de humo), la fotocelda no podrá captar la luz que proviene del emisor, por lo que no existe corriente eléctrica generada por ésta, pero en condiciones de presencia de humo, éste produce un reflejo de la fuente de luz, cambiándole la dirección, haciéndola llegar hasta la fotocelda, que a su vez hará que el circuito entre en alarma.

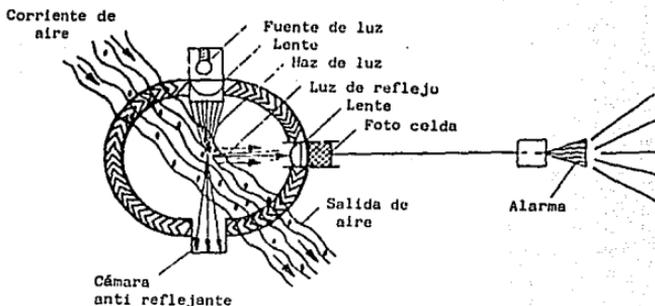


FIGURA 4.2.2-A

Dado que éste principio de operación se fundamenta en la posibilidad que tiene una substancia de reflejar la luz y de su tamaño. De éste modo, los diámetros de las partículas que pueden reflejar una cantidad de luz suficiente como para provocar la alarma de un detector de éste tipo van desde 0,050 micrones hasta más de 1,000 micrones, lo que se puede apreciar en la figura 4.2.1-C.

Es evidente que para formar una cámara negra dentro de un ambiente iluminado (área de oficinas), se requiere de una serie de barreras para que la luz no pase (ver figura 4.2.2-A), por lo que el humo deberá atravesar esas mismas barreras para poder llegar hasta la cámara de sensibilidad, lo que trae algunas ventajas y desventajas inherentes, siendo las primeras las siguientes;

- 1.- Rápida respuesta al humo de PVC
- 2.- Rápida respuesta a fuegos sin flama (alta producción de humo visible)
- 3.- Rápida respuesta a humo frío, que se ha alejado del fuego
- 4.- Responde a velocidades de viento hasta de 90 m/min.
- 5.- Puede cubrir áreas circulares de hasta 83 m².

Y las principales desventajas son;

- 1.- Lentitud en la respuesta de fuegos de flama rápida.
- 2.- Lentitud en la respuesta a productos que tienen diámetros más pequeños que la longitud de onda de la fuente de luz.

- 3.- Muy baja respuesta a productos de la combustión con bajo índice de refracción de luz (negros).
- 4.- Lentitud en la respuesta con viento quieto (menos de 5 m/min.).

4.2.3 DETECTOR DE ALTA SENSIBILIDAD;

Se le conoce como detector de alta sensibilidad porque alcanza a ser hasta 100 veces más sensible que un detector convencional (iónico o fotoeléctrico), ya que si se recuerda el capítulo primero, en el que se mencionaba que todos los materiales cuando se calientan por temperaturas por arriba de la ambiente inician una descomposición por efectos del calor (pirólisis), produciendo gases inclusive antes de que existan productos de la combustión, los cuales bajo una fuente especial, puedan ser detectados. De éste modo, éste instrumento detecta los estados inclusive previos a la combustión y posteriormente la incipencia, estando basado en la curva de tiempo-obscurecimiento que tienen todos los fuegos incipientes y que es la siguiente;

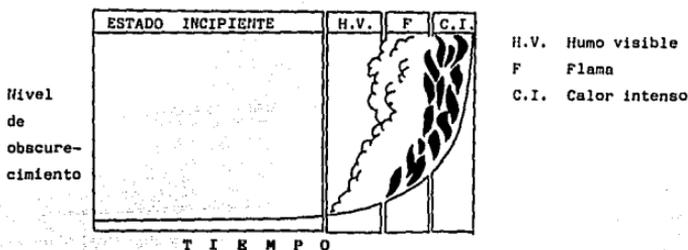


Figura 4.2.3-A

En ésta figura, se puede apreciar que el tiempo de producción de gases en la etapa incipiente representa aproximadamente el doble que el necesario para llegar a un fuego grande después de que se inicia la producción de humo.

Como se dijo anteriormente, éste instrumento opera con la "sombra" u oscurecimiento que produce el humo en un ambiente determinado, utilizando para ello una fuente de luz, que a diferencia del detector fotoeléctrico, está constantemente dirigida hacia un receptor, pasando entre ellos el flujo de aire de muestra que el mismo detector está succionando.

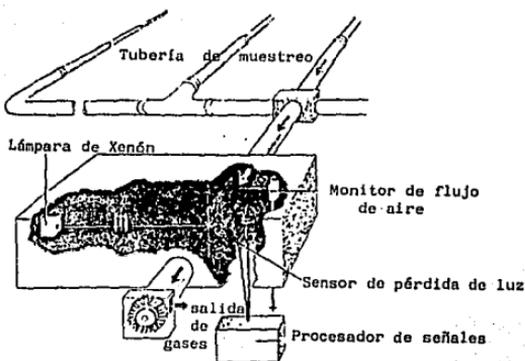


Figura 4.2.3-B

En ésta figura, se aprecian todos los elementos necesarios para un sistema de detección de alta sensibilidad, que son;

- 1.- Tubería de muestreo (instalada en el área de riesgo)
- 2.- Monitor de flujo de aire
- 3.- Fuente de luz (Xenón)
- 4.- Sensor de oscurecimiento
- 5.- Procesador de señales
- 6.- Turbina de extracción

Y la forma de operar es; La turbina de extracción constantemente está llevando la muestra de aire entre el sensor de oscurecimiento y la fuente de luz, por lo que al presentarse partículas que impiden la llegada de la misma cantidad de luz, el sensor de oscurecimiento envía una señal al procesador, provocando que se reporte la alarma (tras un retardo programable).

La tubería de muestreo de éste detector se extiende a lo largo y ancho del área a proteger, a lo largo de la cual, existen pequeños barrenos por los que el sistema de extracción toma la muestra. La separación de éstos barrenos tiene la misma lógica que los detectores convencionales (el área a proteger por un detector equivale al área que puede cubrir un barreno).

Este instrumento es, indudablemente el detector más sensible en cuanto a la detección de humo se refiere, trayendo con ello significativas ventajas y desventajas sobre los tipos convencionales como son;

Ventajas;

- 1.- Es en extremo más sensible que los anteriores (hasta 100 veces)
- 2.- No pierde la sensibilidad aún cuando la velocidad del viento es elevada
- 3.- Permite con un solo aparato la cobertura de hasta 1,400 m²
- 4.- Por su forma de toma de muestreo puede ser instalado en museos
- 5.- Tiene capacidad de detección aún en lugares en donde hay estratificación

Desventajas;

- 1.- No es posible identificar el lugar preciso de la producción de humo
- 2.- Debe ser instalado en áreas de poco intercambio de aire con el medio exterior
- 3.- Es más costoso

4.3 REPORTE DE UN INCENDIO DE GRANDES DIMENSIONES;

Para hacer resaltar la importancia que tiene un sistema de detección temprana y la veracidad del tiempo de crecimiento del fuego aún en riesgos que no se consideran de alta velocidad de crecimiento ni de alta carga combustible, se ha optado por tomar el incendio de el Edificio del Primer Banco Interestatal, en Los Angeles California, ocurrido el 4 de mayo de 1988.

A pesar de ser un incendio de grandes dimensiones, pudo ser controlado antes de que se extinguiera por completo el edificio, con un despliegue de fuerzas de bomberos extraordinario y unas pérdidas económicas de gran consideración. Las características elementales de construcción del edificio son las siguientes;

El edificio en cuestión es un edificio de múltiples oficinas de negocios, ubicado en el número 707 del Boulevard Wilshire, en Los Angeles. Consta de un área de 38 X 56 m. por planta, con un total de 62 pisos.

Además es la sede del Primer Banco Interestatal, en donde trabajan 1,500 empleados, que junto con los demás negocios, suman un total de 3,500 personas que laboran a diario en el edificio. En el nivel de piso tiene una sucursal del banco, en la azotea un helipuerto y un estacionamiento en la otra manzana, para el cual hay un túnel de acceso bajo la calle, que sirvió para la entrada de los bomberos.

Este edificio se construyó con materiales no combustibles, con separaciones resistentes al fuego entre losas, aunque tenía acabados finales en madera y algunos materiales sintéticos ligeros. Como protecciones contra fuego, tenía sistema de rociadores en todos los niveles y red de hidrantes para todos los pisos, contaba con sistema de detectores de humo con rescate de elevadores, sistema de voz de emergencia y plan de evacuación para casos de fuego.

Los hechos después de la investigación de éste incendio son los siguientes;

Las condiciones climáticas eran: cielo despejado, con visibilidad de 35 Km. viento quieto y temperatura de 12°C. La última persona que registró su salida del piso 12 lo hizo a las 9:30, sin notar ninguna condición anormal en ese nivel, quedando solo unos cuantos trabajadores dentro, en otros pisos, además de los 40 que sumaban el personal de seguridad, limpieza y mantenimiento. Justo después de las 10:00 P.M., las líneas de servicio de agua contra incendio fueron puestas fuera de servicio, por que se tenía que hacer una conexión en el sistema bajo de rociadores a la tubería vertical de alimentación de hidrantes, quedando sin agua para éste fin en todo el edificio. El Departamento de bomberos no recibió esta notificación.

Aproximadamente a las 10:30 P.M. algunos trabajadores que habían ido al estadio de beisbol, regresaron al estacionamiento a recoger sus vehículos, escuchando la rotura de algunos vidrios. Aproximadamente al mismo tiempo una persona que bajaba del nivel 46, escuchó ruidos anormales y detectó el olor a humo cuando venía en el piso 20. cuando llegó a la estación de seguridad a firmar su salida, aproximadamente a las 10:37 P.M., él y el guardia oyeron romperse cristales en la parte exterior del edificio, dándose cuenta de que éstos provenían del piso 12, que ya presentaba fuego.

Dentro del cuarto de seguridad central, el guardia recibió una señal de alarma en la zona 3, del piso 12, justo a las 10:30 P.M., pero el guardia, haciendo caso omiso, restableció el sistema, eliminando la alarma, que se volvió a presentar inmediatamente, con el mismo tratamiento. La señal de alarma continuó, extendiéndose después también a otras señales dentro del piso 12, recibiendo el mismo trato por parte del operador. A las 10:36 P.M. las señales de alarma estaban desde el piso 12, hasta el piso 30. Hasta éste momento, muy pocos ocupantes habían escuchado la señal de evacuación del edificio y en intervalos muy cortos de tiempo (2 segundos), debido a que el guardia estaba restableciendo el sistema, impidiendo que éste mensaje se transmitiera.

Dentro de éstos 6 minutos, una persona de mantenimiento recibió la orden de ir a verificar que pasaba en el piso 12. Esta persona se trasladó hasta ese piso en el elevador de servicio interno, utilizando una llave para acceder hasta ese nivel. Cuando las puertas del elevador se abrieron, éste se llenó de productos de la combustión y el observador avisó por el radio que había fuego. Su mensaje fue oído por los compañeros que tenían radio portátil, quienes vieron la necesidad de enviar el mensaje de evacuación del edificio, lo cual estaba ocurriendo cuando el Departamento de Bomberos recibió la notificación de fuego (a las 10:37 P.M.).

A las 10:38 P.M. fue "despachado" el primer equipo de ataque, consistiendo en Fuerza 9, Fuerza 10, Máquina 3, Escuadrón 4 y Batallón 1, que en otras palabras representa 9 aparatos contra fuego y 30 bomberos, los cuales necesitaron 2 minutos para llegar al lugar de fuego (10:40 P.M.), encontrándose con que una esquina del piso 12 estaba completamente en llamas, por lo que inmediatamente pidieron refuerzos, llegando otros 5 grupos iguales al primero, incluyendo un compresor para rellenar los tanques de aire para respiración autónoma.

El tiempo de la primera maniobra para ataque consistió en llegar hasta el piso 10, en donde se conectaron a la tubería del edificio para obtener agua de ataque con manguera de 2", colocarse los equipos de respiración autónoma e iniciar el combate, perdiendo todo éste tiempo, por que no se les había informado de la situación de la tubería de agua. Esto representó que tuvieron que hacer movimiento para tomar el agua de ataque desde el camión de bomberos en la calle, uniendo tramo tras tramo de manguera, implicando retrasos, además de que el ataque inicial al fuego fuese poco eficiente, por el limitado suministro de agua (el cual se estabilizó en la demanda necesaria hasta las 11:22 P.M., hora en la que se terminó el enlace en la parte baja de la tubería y se pudieron arrancar de nuevo las bombas del propio edificio). A las 10:49 P.M. las condiciones de fuego en el piso 12 eran muy severas, por lo que ya se había propagado al piso 13, siendo insostenible penetrar en él para controlarlo aún para bomberos completamente equipados, mientras el piso 14 estaba caliente y lleno de humo, pero mantenía condiciones sostenibles para mantenerse presentes. A las 11:15 P.M. el fuego estaba presente también en la periferia del piso 14 y no se podía controlar su crecimiento vertical. 7 minutos después, que se tuvo la fuente de agua del propio edificio para fines de incendio, el comandante en jefe decidió mantener con preferencia el suministro a los hidrantes, ya que si se alimentaba a los rociadores, la demanda de agua podía dejar a los bomberos sin efectividad. A las 12:00 A.M. el fuego ya era incontrolable desde el piso 12 hasta el 14 y el 15 tenía ya fuego en algunas partes, haciendo entender que podría seguir su crecimiento piso por piso y de manera muy rápida, por lo que se hicieron esfuerzos por detenerlo en el piso 16, para lo que se destinaron refuerzos adicionales en el ataque en los pisos 14 y 15, con la finalidad de extinguirlo, permitiendo al mismo tiempo la operación en el piso 16. En este momento, el comandante decidió abrir las válvulas de los rociadores de los pisos 19, 18 y 17, manteniendo las demás condiciones por una hora, tiempo en el cual el personal estaba críticamente agotado, por lo que volvieron a llegar refuerzos, en ésta ocasión otras 7 "compañías".

A la 1:30 A.M. se reportó que también el piso 15 estaba completamente en llamas y el 16 tenía penetración a través de la losa, volviéndose insostenible la presencia en él, recibiendo a su vez la orden de abandonarlo. En este momento el comandante en jefe decidió hacer un último intento para controlar el crecimiento ascendente del fuego, dejando que el piso 16 se apegara por el agotamiento del combustible, concentrando toda la fuerza de ataque a los pisos bajos, que tenían ya reducida su carga combustible, logrando limitar la convección, y gracias a los rociadores automáticos, evitando el crecimiento vertical a niveles superiores.

Con ésta operación final, el fuego pudo ser declarado apagado hasta las 2:19 Hrs. del 5 de mayo de 1988, requiriendo un movimiento de recursos humanos y de ingeniería impresionantes.

Los trabajos posteriores al de extinción fue el de rescate de algunas personas que quedaron atrapadas en los pisos superiores, para que recibieran atención médica y el levantamiento final de daños, para la evaluación de pérdidas, resultando en un muerto, 40 heridos y la pérdida de uso de todo el edificio por más de 6 meses, por lo que el monto exacto de la pérdida no se tiene, pero se estima entre 300 y 400 millones de dólares.

El fuego destruyó el contenido total de 5 niveles, produciendo daños en los 62 pisos, los pisos más altos fueron fuertemente ahumados y los más bajos recibieron cantidades importantes de agua que se filtró a través de la losa de los pisos superiores.

Pese a que éste consumió únicamente a 5 pisos, para muchos representa un incendio de grandes dimensiones (si se considera la protección contra incendio que tenía), por lo que de éste incidente se puede concluir;

- 1.- No existe sistema efectivo, del tipo y calidad que sea, cuando se interviene manualmente sin responsabilidad o se ignora su operación.
- 2.- El sistema de detectores de humo proporciona una alarma en estado incipiente del fuego.
- 3.- Toda alarma contra incendio debe ser considerada real, cuantas veces suena.
- 4.- El crecimiento del fuego en áreas de oficina, es de alta velocidad, por lo que no debe existir demora en combatirlo.
- 5.- Debe informarse al Departamento de Bomberos de toda situación que limite la protección local de un establecimiento.

4.4 POSICION DE UN DETECTOR DE HUMO;

Para determinar la posición y el número de detectores de humo que se habrán de instalar en un área de oficinas, la primera pregunta que se debe contestar es el estado del fuego en el que queremos la alarma por la presencia de humo. Ante esta pregunta, la única respuesta válida cuando se trata de un sistema de detección de humo es que sea detectado en su fase incipiente y pueda ser controlado con el uso de un extintor portátil o desenergizando un equipo.

Es evidente que un solo detector de humo en un área de 400 m² llegará a alarmarse cuando exista fuego en la parte baja, pero es también obvio que las posibilidades de controlarlo serán muy difíciles en estas circunstancias.

La información que falta por terminar éste capítulo es con la intención de que cada detector pueda cubrir el área máxima, sin perder el concepto de detección temprana.

De acuerdo a éste concepto, las variables que se deben tomar en cuenta para que el detector se coloque en el mejor lugar son las siguientes;

A) La velocidad del viento;

Cuando se habló de las ventajas y desventajas de cada uno de los detectores, se mencionó que si la velocidad del viento es alta, la sensibilidad del detector

disminuya. Esto es obvio, ya que el humo producido en un área cualquiera, será diluido rápidamente evitando que se llegue a concentrar en el área cercana al detector. Para compensar esto y en base a pruebas, la NFPA ha desarrollado una gráfica para mantener el concepto de detección temprana, cuando las condiciones de viento son distintas. Esa gráfica es la siguiente;

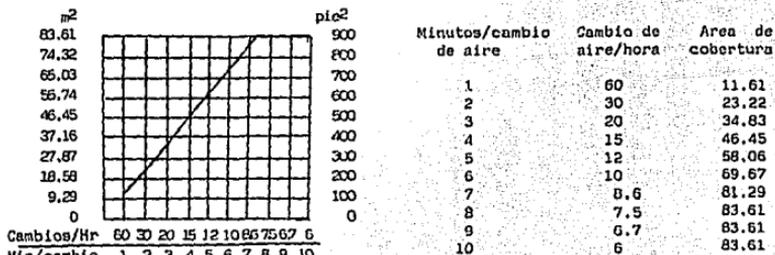


FIGURA 4.4-A

Como se aprecia en la gráfica, el área de cobertura de un detector de humo, conservando el principio de detección temprana, está en función del número de cambios de aire por minuto que tiene el área protegida, llegando como máximo a 83 m² (900 pies²)

B) Los obstáculos laterales;

Si se recuerda la figura 4.1.1, los gases calientes suben hasta chocar con una barrera horizontal, para después moverse paralelamente a ella, pero existen también elementos estructurales o decorativos que impiden que este flujo de gases calientes se lleve a cabo, como es el caso de trabes o vigas de carga. Para éstos casos, se hacen consideraciones para 3 situaciones diferentes;

Caso 1; Si el peralte de la viga o trabe es hasta de 50 cm. y no existen más de dos trabes entre dos detectores de humo, se puede considerar como un plafón liso (sin influencia).

Caso 2; Si el peralte constituye un cambio de altura en la losa, quedando un peralte máximo de 50 cm. por un lado y una distancia menor por el otro, puede colocarse un solo detector, el cual deberá estar en la parte del peralte más alto.

Caso 3; Si la viga supera los 50 cm., deberá ser considerada como un muro, requiriendo detectores de humo por ambos lados, conforme al área correspondiente de cobertura.

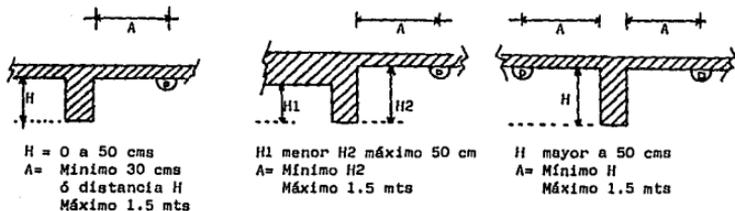


Figura 4.4-B

No es necesario hacer mención acerca de los cancelos que limitan oficinas o constituyen puertas de acceso, ya que ellos forman una evidente barrera que impedirá el paso del humo.

En caso de que existan tiros o cubos de luz en edificios, cada tiro deberá ser considerado como un punto de fuga de los gases calientes, por lo que se necesitará que el detector de humo se coloque cerca de la salida a esos tiros o cubos de luz.

C) ESPACIOS DE AIRE MUERTO

Existen condiciones en todos los riesgos que se conocen como espacios muertos, los cuales son todos aquellos lugares en los que el viento no fluye. Todos los espacios constituidos por dos elementos estructurales que formen un ángulo recto o menor, deben tratarse como espacios muertos. Por ésta razón la colocación de un detector de humo (excepto el de alta sensibilidad) nunca deberá estar dentro de ésta zona. Las siguientes figuras ilustran éste fenómeno y proponen la distancia mínima sugerida para que se logre el objetivo de detección temprana en éstos casos.

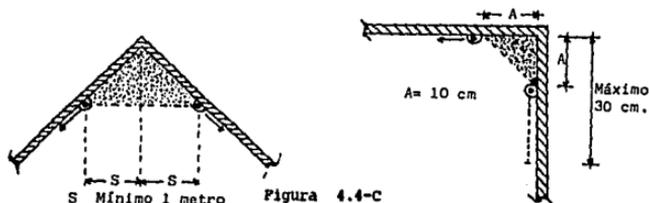


Figura 4.4-C

D) INFLUENCIA DE CORRIENTES DE AIRE

Al igual que una abertura por una puerta o un tiro, en donde se hacen corrientes naturales, existen corrientes forzadas que se producen por los sistemas de aire acondicionado, que no solamente provocan una corriente, sino que constituirán una barrera para impedir que el humo generado llegue al detector, por ésta razón, debe buscarse siempre que los equipos de detección estén retirados por lo menos 1.5 mts. de una salida de aire y a la inversa, dentro de un radio de 1 metro de los orificios o lugares de retorno. Existe una posibilidad de instalar los detectores de humo dentro de la ductería de aire acondicionado, tanto en tramos de inyección como en los de retorno. Para esto, se debe contar con una sección de ducto que no tenga generación de remolinos que impidan un arrastra correcto de las partículas de humo, por lo que deben seguirse las siguientes recomendaciones;

Figura 4.4-D.1

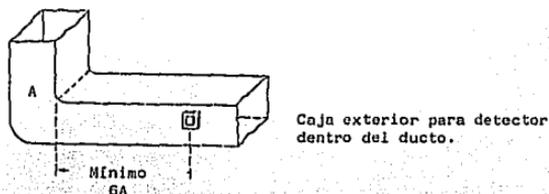


Figura 4.4-D.2

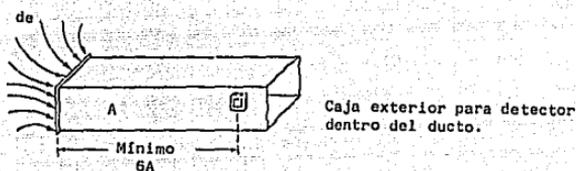
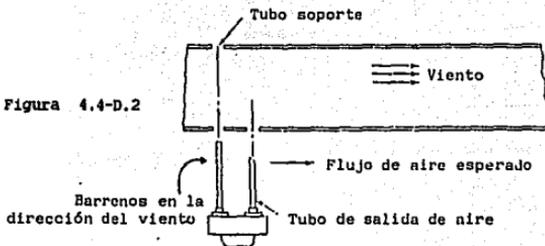


Figura 4.4-D.2



Una vez que se han tratado las principales variables que afectan a un detector de humo en la sensibilidad y tiempo de detección, es momento para definir la ubicación precisa de ellos en un área abierta. Para esto, se puede tomar el siguiente ejemplo;

Considerese un área de oficina, abierta, de forma rectangular que tiene un movimiento de viento generado por 5 cambios de aire por hora, que de acuerdo al párrafo 4.4.1, el área máxima de cobertura en estas condiciones es de 55.7 m², que por razones obvias, es de forma circular.



Figura 4.4-D.3

De ésta figura, se entiende que el detector estará apto para captar el humo que esté dentro de ese círculo, sin perder el concepto de detección temprana, por lo que no se deberá dejar ningún espacio que no quede inscrito dentro de los círculos de los detectores que se coloquen en un área abierta. De éste modo, se debe trazar un límite de cobertura máxima para las áreas regulares e irregulares como se explica a continuación;

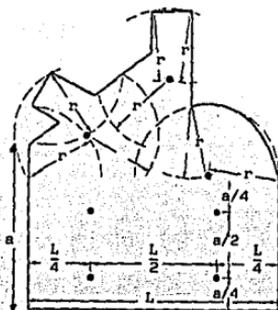


Figura 4.4-D.4

En ésta figura intervienen un área abierta de forma rectangular y una sección irregular. El riesgo es el mismo, por lo que para determinar la posición de ellos, es una práctica común el considerar las áreas como independientes, ganando un poco de tiempo en la detección.

4.5 ZONIFICACION DE AREAS:

Hasta el momento, se ha tratado cada uno de los casos como si el mismo observador estuviese parado enfrente del mismo conato, viendo como se mueve el humo y esperando el momento para atacar el fuego, pero es sabido que en la mayoría de las ocasiones, como se observó en el reporte, los conatos de incendio suceden cuando nadie los espera. Por ésta razón, debe hacerse un diseño lógico que permita que un guardia o una persona de mantenimiento pueda llegar al lugar de la detección como si supiera en donde se produjo y tener un ataque eficiente desde la primera vez. Para apoyar éste concepto, los equipos convencionales de control que existen, tienen un límite de detectores que puedan alimentar por cada circuito, siendo para todos los casos 30, por lo que el área máxima que puede proteger un solo circuito en las condiciones mas favorables de viento es de 1,600 m² (un área de 40 X 40 m).

Dado que un área de éstas dimensiones pueda representar un problema para la localización del lugar de la detección, es conveniente fraccionarla en un número tal de secciones que permita reconocer el lugar específico de la alarma desde el mismo tablero de control. De éste modo, es vital considerar la configuración de mostradores, puertas, accesos restringidos, escaleras, etc., que pueden ser obstáculo en la trayectoria que puede seguir una persona para trasladarse desde el lugar en que se produce la alarma hasta cualquiera de los puntos que se están cubriendo con detectores.

Un ejemplo sencillo de éste caso se puede encontrar en un área que está dividida por un mostrador, una línea de escritorios, etc. y tienen accesos independientes, se deberán considerar como áreas separadas a fin de que la persona que atiende la alarma sepa que ruta debe seguir para llegar al lugar exacto.

No existe un reglamento que presente opciones para la limitación de áreas. Esto es una cuestión de criterio con el objetivo de conservar la premisa de detección temprana con respuesta rápida. Por ésta razón puede llegarse el caso de que dos áreas contiguas, cada una con 4 detectores, estén cableadas en circuitos independientes.

Por otro lado, imaginemos ahora que el área de cobertura de un circuito corresponde a 30 cubículos cerrados, que impiden ver al interior. Esto limitará la rapidez de localización, permitiendo un mayor crecimiento del fuego al esperado. Para éstos casos, existe una lámpara remota que es energizada por el mismo detector en el momento en que éste alarma, permitiendo que un detector o grupo de detectores pueda energizar una sola lámpara remota, facilitando la localización de la alarma.

Un circuito típico de detectores con salidas para lámparas remotas se muestra a continuación.

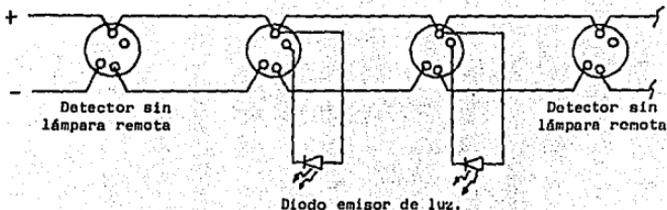


Figura 4.5.1

El último punto que compete a la zonificación de áreas es el diseño correcto de un sistema de detectores es un sistema de señalización, el cual tiene dos fines;

- 1.- Que una persona pueda identificar el área que ha registrado un conato de incendio y se acerque para extinguirlo.
- 2.- Que la señal emitida sea un aviso para la evacuación de las personas que no conocen el uso de los equipos de ataque al fuego.

En ambos casos, la alarma debe ser de tipo audiovisual, a fin de que pueda ser identificada aún en condiciones de falta de luz, como puede ser en la noche o en un apagón.

Dado que una de sus funciones es alarmar con fines de evacuación, se deben colocar, en lo posible, cerca de las salidas de emergencia o de rutas de evacuación, indicando el camino que se ha de seguir para salir rápidamente. Las estaciones manuales de alarma, deben ser colocadas también lo más cerca posible a los lugares de salida.

CAPITULO V

CASO PRACTICO

En éste capítulo se condensará toda la teoría que se ha dado hasta el momento referente a los sistemas de detectores de humo y los equipos periféricos de soporte, como lo son los extintores portátiles y sistemas de hidrantes. Se analizará un edificio destinado para uso de oficinas, el cual abarca la gran mayoría de los casos que se pueden encontrar en un área cualquiera con el mismo tipo de trabajo.

5.1 DESCRIPCION DEL EDIFICIO:

El edificio al que se le diseñará el equipo de detección de incendio con los periféricos de extinción, tiene fachada de vidrio por los 4 lados para los tres niveles. Está habilitado con escaleras de emergencia y servicio de elevadores desde el nivel 2 hasta la planta baja. El área de cada planta es de 46.5 X 46.5 m, formado por 5 cuadrados de 8.50 m. (distancia entre columnas) por cada lado, con 2.00 m. adicionales en cada lado, sobrepasando el nivel de columna. El cuadrado central del edificio es un cubo de luz que tiene domos en la azotea y llega hasta la losa de la planta baja.

La altura entre losas es de 4.2 m., con plafón reticular de 0.61 X 0.61 m., dejando una altura libre en cámara plena de 2.5 m. Las tres plantas pertenecen a la misma empresa y están destinados al uso de oficinas, teniendo alimentaciones eléctricas para las máquinas de escritorio, enfriadores de agua y cafeteras bajo el firme de cemento (que tiene diferentes recubrimientos), saliendo únicamente los contactos.

En la planta baja (ver plano 5.2.1) hay un cuarto de suministros, con acceso también por el exterior, en el que se encuentran; La acometida eléctrica, una planta de emergencia, los tableros principales de distribución, el sistema hidroneumático sanitario, una manejadora del sistema de aire acondicionado y las bombas del sistema de hidrantes, ocupando un área de 14.73 X 10.48 m.. También en éste nivel está la caseta de vigilancia, que se encuentra ocupada las 24 horas de todos los días del año, en la que se encuentra un guardia que controla el acceso a través de una esclusa blindada. El resto del piso es casi abierto en su totalidad, con divisiones para los diferentes departamentos con mamparos a una altura de 2 m. Las únicas oficinas cerradas corresponden a dos jefaturas de departamento, estando ubicadas una en cada ala del piso.

El nivel 1 (ver plano 5.2.2) está separado en dos secciones; La primera que es otra jefatura de departamento, con las mismas características de la planta baja, en donde hay también un archivo y la segunda que está destinada a capacitación, siendo éstas cerradas por cancelería hasta el nivel de plafón.

El nivel 2 (ver plano 5.2.3) también tiene dos áreas independientes; La primera es una sala de cómputo (con sistema de aire acondicionado independiente),

compuesta por la sala de equipos y una de administración de la producción de computadoras. Esta última está separada por cancelería del resto del piso, pero tiene el mismo sistema de aire acondicionado. La segunda parte corresponde al personal de direcciones y gerencias, por lo que existen múltiples cubículos y oficinas con cortinas y cancelería de madera de piso a plafón, así como una sala de juntas. Todas estas oficinas tienen alta carga combustible (todas las sillas, mesas, libreros y acabados son de madera). A diferencia de los otros niveles, hay alfombra en todo el piso, así como diversas áreas para preparar café.

Las escaleras de servicio rodean el cubo de elevadores en los tres niveles y las de emergencia están ubicadas en lados opuestos del edificio, con puertas exclusivas para este fin, habilitadas con interruptores de arranque para los sopladores de aire.

En la azotea (ver plano 5.2.4), se encuentra dentro de una caseta, el control de elevadores. Los refrigeradores y bombas para el agua helada de los sistemas de aire, una bodega de mantenimiento y dos sopladores de aire para los cubos de escaleras de emergencia.

El abastecimiento del aire acondicionado en las tres plantas es de inyección por ductería y el retorno por la parte superior de plafones a través de rejillas, permitiendo una recirculación constante y un flujo de aire predecible, siendo como se ilustra a continuación;

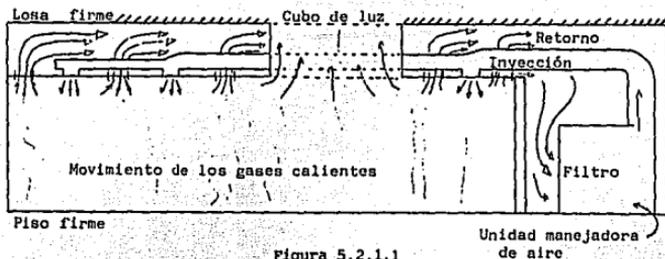


Figura 5.2.1.1

Se puede apreciar que en la sección que queda fuera de la influencia del cubo de luz, existe recirculación desde las partes más bajas hasta las más altas, favoreciendo que el sistema de detectores pueda percibir el humo producido siempre y cuando éstos se encuentren en una posición cercana a los retornos del aire y lo más retirada posible de las salidas.

Dado que el edificio está ocupado esencialmente por áreas de oficina y conforme a lo expuesto en los capítulos anteriores los materiales que existen en ellas son combustibles sólidos ordinarios que producen humo en todas sus etapas de combustión, las protecciones mínimas exigidas por el Departamento de Bomberos para dar su visto bueno son;

- 1.- Colocación de extintores portátiles para fuegos ABC.
- 2.- Instalación de una red de hidrantes, con un mínimo de 3 salidas en cada piso.

Como protección adicional, por su efectividad y costo (que se analizará en el capítulo VI), se le incorporará también un sistema de detección de humo, debidamente diseñado e instalado, siendo el motivo principal de este capítulo.

5.2 PROTECCION CONTRA INCENDIO;

La primera consideración que se tiene que hacer en éste edificio, es que existe un cubo de luz desde la planta baja hasta el nivel más alto, constituyendo un tiro natural de alta capacidad de movimiento de gases calientes, de manera que si se presenta un conato de incendio en cualquiera de los pisos bajos, el humo se esparcirá rápidamente a todo el edificio. De éste modo, si el sistema de detectores de humo no está diseñado correctamente, en poco tiempo se tendrán alarmas en todo el edificio, como ocurrió en el edificio que se analizó en el reporte del capítulo IV.

Dado que las características de los combustibles y de la configuración de áreas es distinta en cada piso, se tiene que hacer una evaluación independiente de cada uno de ellos (y en algunos casos de cada área por separado), quedando de la siguiente manera;

5.2.1 NIVEL PLANTA BAJA (VER PLANO 5.2.1);

Esta planta tiene un área útil de oficinas aproximada de 1,730 m², dividida por un pasillo central, quedando en cada lado y con una población de 40 personas, una jefatura de departamento.

El sistema de sire acondicionado requiere de más de 12 minutos para hacer la renovación total del aire interior (maneja 12,500 pies cúbicos por minuto ó 354 m³/min), por lo que de acuerdo a la figura 4.4-A del capítulo 4, el área máxima de cobertura de un detector bajo estas condiciones es de 83.6 m², teniendo un radio máximo de 5.15 m.

El sistema de detección debe ser capaz de funcionar adecuadamente también cuando el sistema de aire acondicionado esté fuera de servicio, ya que es cuando la probabilidad de crecimiento del fuego es mayor (no va a ser atacado por el personal de oficinas, sino por el guardia después de que reciba la señal de alarma por presencia de humo).

Las consideraciones que aplican a este piso son;

- 1.- Es un área abierta y regular, con simetría en ambos lados, por lo que los detectores también deben ser simétricos.
- 2.- Los espacios de aire muerto prácticamente no existen.
- 3.- El combustible puede considerarse de rápida generación de flama y de alta velocidad de crecimiento (favoreciendo al detector iónico).
- 4.- Los cubículos cerrados requieren de una lámpara remota.

De acuerdo a éstas observaciones y a los lineamientos expuestos en los capítulos anteriores, la configuración correcta de los detectores, con la configuración de zonas es como se muestra en el plano 5.2.1 A, en el que también se presenta la distribución y tipo de los extintores portátiles y las salidas del sistema de hidrantes.

5.2.2 NIVEL 1 (VER PLANO 5.2.2);

Esta planta tiene un área útil total aproximada de 1,933 m², en la que se encuentran;

- A) Un área como la de la planta baja (jefatura de departamento), con las mismas características del aire acondicionado, tipo y carga combustible, por lo que la protección será semejante.
- B) Un archivo general, separado con muros falsos de piso a plafón, con un mostrador y una puerta de acceso.
- C) Un área de capacitación, compuesta por 5 aulas, incluyendo una sala de video. Todas están separadas del ambiente de piso con muros falsos.

Las áreas que difieren del piso anterior son las b y c, que se tratan a continuación;

AREA DE ARCHIVO:

Para el área de archivo, que almacena casi el 100% de celulosa, que pese a ser combustible sólido ordinario, por estar en forma compacta no se quema con generación rápida de flama. Su etapa incipiente consistirá en formar brasa y con el crecimiento por tiempo (que pueden ser hasta 12 horas), se inicia la combustión con flama.

Este tipo de fuego hace más apto para la detección temprana al detector fotoeléctrico. Por otro lado, se tiene que la altura de los anaqueles es la misma que la del plafón, haciendo necesaria una consideración, respecto a que cada pasillo debe ser tomado como un espacio entre muros, ya que el mismo papel impedirá el viaje del humo en otras direcciones. Además, se tiene que tanto las salidas como los retornos de aire no están distribuidas conforme a la mueblería, por lo que las condiciones de viento son diferentes para cada corredor, viéndose además afectados por las corrientes exteriores a través de la puerta. Adicionalmente, cuando el aire acondicionado esté fuera de servicio el movimiento en el interior será prácticamente nulo, lo que disminuye la capacidad del detector fotoeléctrico, que es el recomendado para éste tipo de fuegos. Esta combinación de condiciones motiva a una evaluación de criterio con dos alternativas;

- 1) Cambiar el tipo de detector
- 2) Colocar más detectores de éste mismo tipo

De éstas dos opciones, la segunda es la más correcta, ya que aún cuando las condiciones normales de movimiento de aire son prácticamente cero, los gases que el fuego profundo genera sí tienen movimiento, por lo que ellos mismos inician una corriente debida a la diferencia de temperaturas, permitiendo que el humo entre en la cámara de muestreo del detector.

SALAS DE CAPACITACION;

En el caso de las salas de capacitación, en donde hay una sala de video para 20 personas, siendo el riesgo es menor, ya que no hay acumulación de materiales de alta velocidad de ignición. Además, el piso es de loseta asfáltica, por lo que un conato pueda considerarse remoto y en caso de presentarse, la propagación será lenta. Sin embargo, en el cuarto de proyección, además de un registro eléctrico,

se encuentran los equipos de video, así como películas y grabaciones que son altamente combustibles y sus productos de la combustión resultan venenosos, haciendo necesaria la detección. En éste caso, el detector a utilizar puede ser cualquiera de los dos tipos, ya que éste material desprende gran cantidad de humo "blanco" y rápidamente produce flama.

Las 5 aulas restantes que son pequeñas, tienen únicamente un pizarrón y el mismo tipo de mobiliario y piso que la sala anterior, con la ventaja de que no hay cuarto de video.

Por lo anterior, se deben colocar detectores en los 6 cuartos, cada uno con su lámpara remota en la puerta.

5.2.3 NIVEL 2 (VER PLANO 5.2.3);

Esta planta tiene un área total de 2,158.53 m² disponibles, dentro de los cuales está la sala de cómputo, con sistema de aire acondicionado independiente suministrado a través del piso falso. El personal que administra la producción de ésta sala de cómputo está en el exterior, con cancelería independiente al resto del piso, pero con el mismo sistema de aire acondicionado. Fuera de éstas dos secciones, están las oficinas de gerencia y dirección general, con salas de juntas y diversas áreas para café, todo esto con alfombra y acabados de madera, por lo que el potencial de riesgo es más elevado (la cantidad de calor generado se puede esperar alrededor de los 110 BTU/seg/pie²) y el costo de los equipos y materiales contenidos es mucho mayor.

Para éste caso, en las áreas abiertas se pueden esperar diferentes formas de ignición, ya que existen materiales de distinta velocidad de combustión. Este es el caso de una cortina (baja conductividad térmica, con área grande de exposición para intercambio de oxígeno con el aire), comparada con un cancel de madera (mejor conductividad térmica con menor área de intercambio) o una alfombra (área grande de intercambio con poca absorción del calor generado).

Lo anterior, explica que un conato de incendio puede presentarse tanto en forma de hacer brasa, como de rápida generación de flama, por lo que la mejor manera para tener una detección temprana será colocando ambos tipos de detectores a lo largo y ancho del piso.

Es evidente que los detectores colocados en combinación (cruzados) deja fuera del rango de detección permitido tanto a los puros iónicos, como a los fotoeléctricos, aunque en total estén dentro de parámetros aceptables. Esta observación obliga a pensar en una reducción del área de cobertura de cada detector. Existe gran controversia en el medio de protección contra incendio en este aspecto, ya que no existe una base para considerar esta reducción de área. Hay personas que prefieren duplicar la detección (utilizando coberturas de 37 m²) y otras que no hacen disminución alguna por este concepto.

Sin embargo, considerando que el objetivo de un sistema de este tipo es tener una detección temprana, se justifica aplicar un incremento en el número de detectores. Para este caso, debido a la carga combustible y al número de fuentes de ignición, se considerará un área máxima de 65 m² por detector.

En lo que respecta a los privados, que tienen la misma combinación de materiales dentro de ellos, con factibilidad de flama rápida o no, la importancia de este factor se ve fuertemente disminuida por el área que tienen, permitiendo que la decisión sea por costo del detector. Independientemente de cual sea el que se elija, se deberá colocar una lámpara remota en la puerta de cada oficina.

Por último, en la sala de juntas en donde los materiales acumulados sobre los muebles es mínimo, la posibilidad de conato de incendio no representará una flama rápida, dejando con mayor posibilidad en la alarma temprana al detector fotoeléctrico en el máximo rango de cobertura permitido, mientras lo permita también la estética del área.

SALA DE COMPUTO:

En este tipo de riesgos, se sabe que el equipo es de alto costo y que representa una parte vital en la administración de un negocio, a tal grado que un paro de este equipo por tiempo prolongado, puede dejar fuera de la competencia a una empresa. Por esta razón la mayoría de los negocios que tienen un cuarto vital con estas mismas características deciden incrementar su protección con un sistema automático de extinción, generalmente y debido a sus propiedades extintoras, a base de halón 1301.

Independientemente del tipo de agente extintor utilizado, el sistema de detectores de humo que actúa la descarga de extinción, obedece a los parámetros que se han establecido en este trabajo.

Como se dijo anteriormente, la sala de cómputo tiene un sistema independiente de aire acondicionado de recirculación (la manejadora está en el interior), que produce una renovación de aire cada 4 minutos. Esto de acuerdo a la gráfica 4.4-A, representa un área máxima de cobertura de 46.5 m², con un movimiento del viento como se ilustra a continuación;

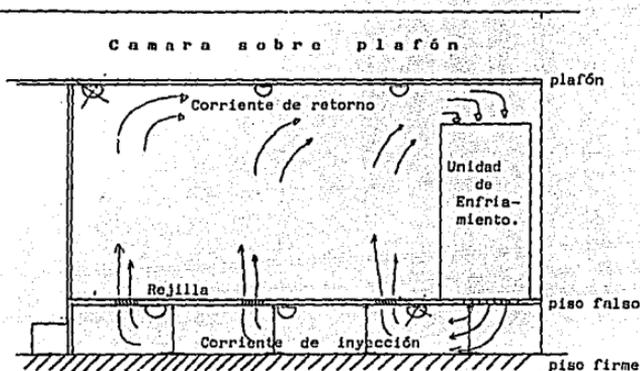


Figura 5.2.3.1

Se sabe también que el máximo peligro está en el piso falso, que al mismo tiempo es en donde el viento tiene una velocidad mayor, ya que en él se produce un cambio de aire cada 40 segundos, lo cual deja prácticamente fuera de sensibilidad a estos detectores. Sin embargo, aún bajo estas condiciones de viento, existen remolinos y espacios de recirculación de aire con velocidades más bajas, que permiten que el humo pueda ser detectado bajo el piso falso.

Las diferentes formas para la colocación de un detector de humo en el piso falso, se exponen a continuación, indicando el porque es o no permitida una posición determinada.

FALLA DE ORIGEN

Esta ubicación es la más conveniente, ya que el humo producto del fuego está más caliente que el aire del ambiente, teniendo más probabilidad de ser captado por el detector.

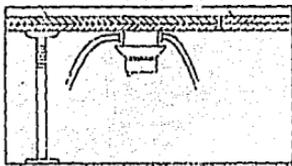


Figura 5.2.3.2

Cuando resulta impráctica la colocación anterior, por la razón que sea (que puede ser inclusive de espacio), el detector no pierde sensibilidad si se coloca como se ilustra, ya que la misma corriente de aire llevará el humo hasta la cámara de sensibilidad.

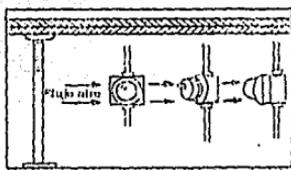


Figura 5.2.3.3

Pasa a ser muy semejante a la anterior y a la velocidad del viento, en esta posición se generarán remolinos y corrientes muertas que impedirán que el humo llegue al interior del detector.

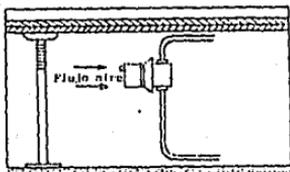


Figura 5.2.3.4

En esta ilustración se aprecia que los productos de la combustión saldrán del piso falso a través de los orificios que hay en la placa, con alta velocidad, impidiendo que el detector pueda percibirlos.

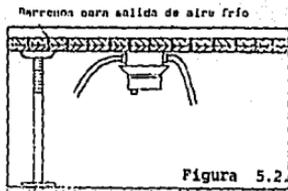


Figura 5.2.3.5

FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

En ésta figura ya no son importantes las corrientes de aire, ya que además de que el mismo detector servirá como depósito de mugre, los gases calientes tardarán mucho tiempo en llenar todo el espacio que hay bajo el piso falso para que el detector pueda alarmarse.

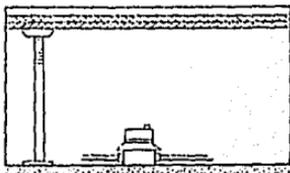
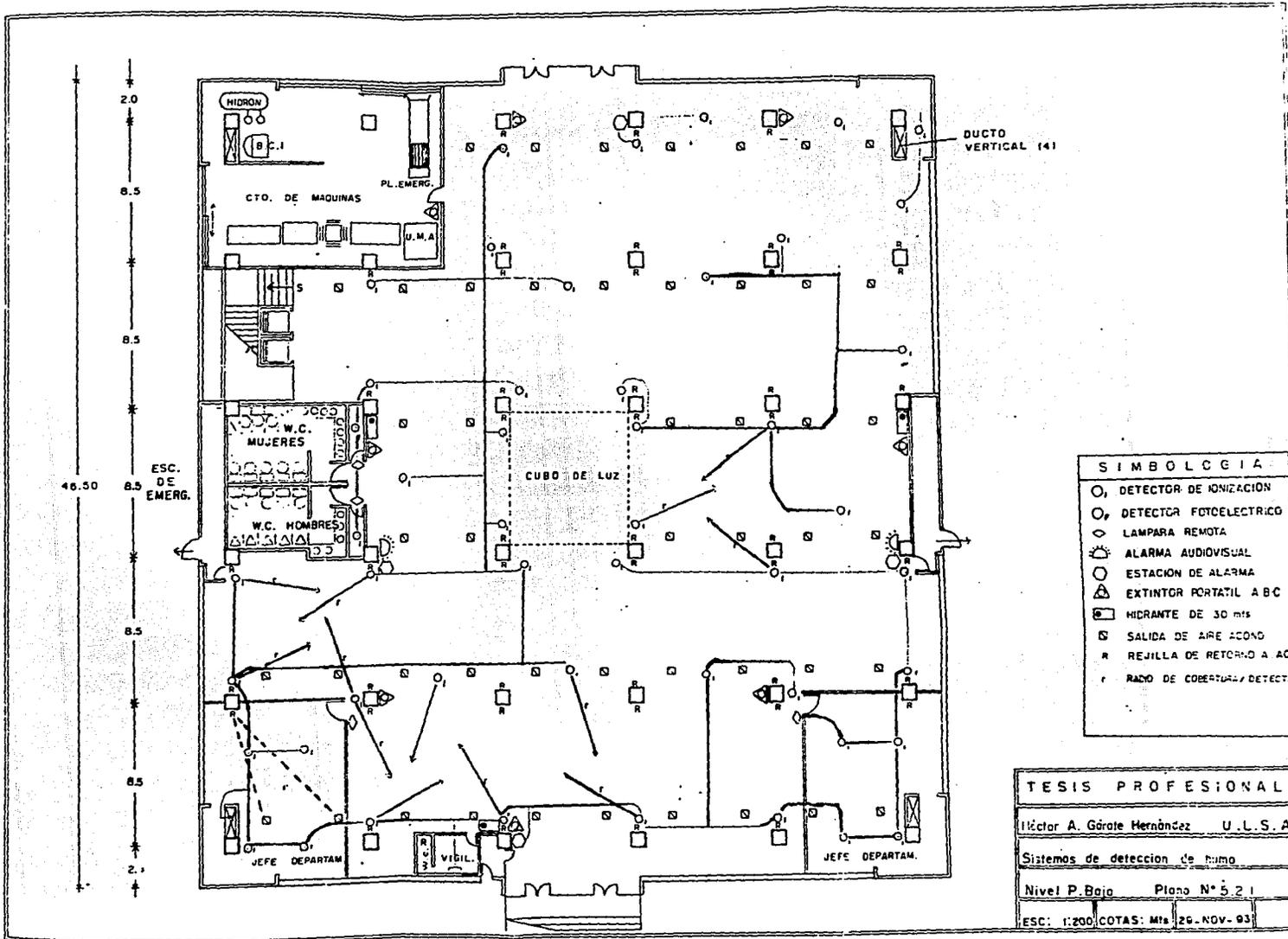


Figura 5.2.3.6

5.2.4 NIVEL AZOTEA (VER PLANO 5.2.4):

En la azotea, como se dijo anteriormente, solamente hay una bodega de mantenimiento, que no es propiamente un área de oficinas, pero que se le puede colocar un sistema de detectores semejante, ya que muchos de los materiales almacenados son también combustibles sólidos ordinarios, con las mismas probabilidades de ignición que los primeros. En éste caso, no hay salidas de aire acondicionado, por lo que el trato que se le dará será semejante al que se le dio al archivo del nivel 1.

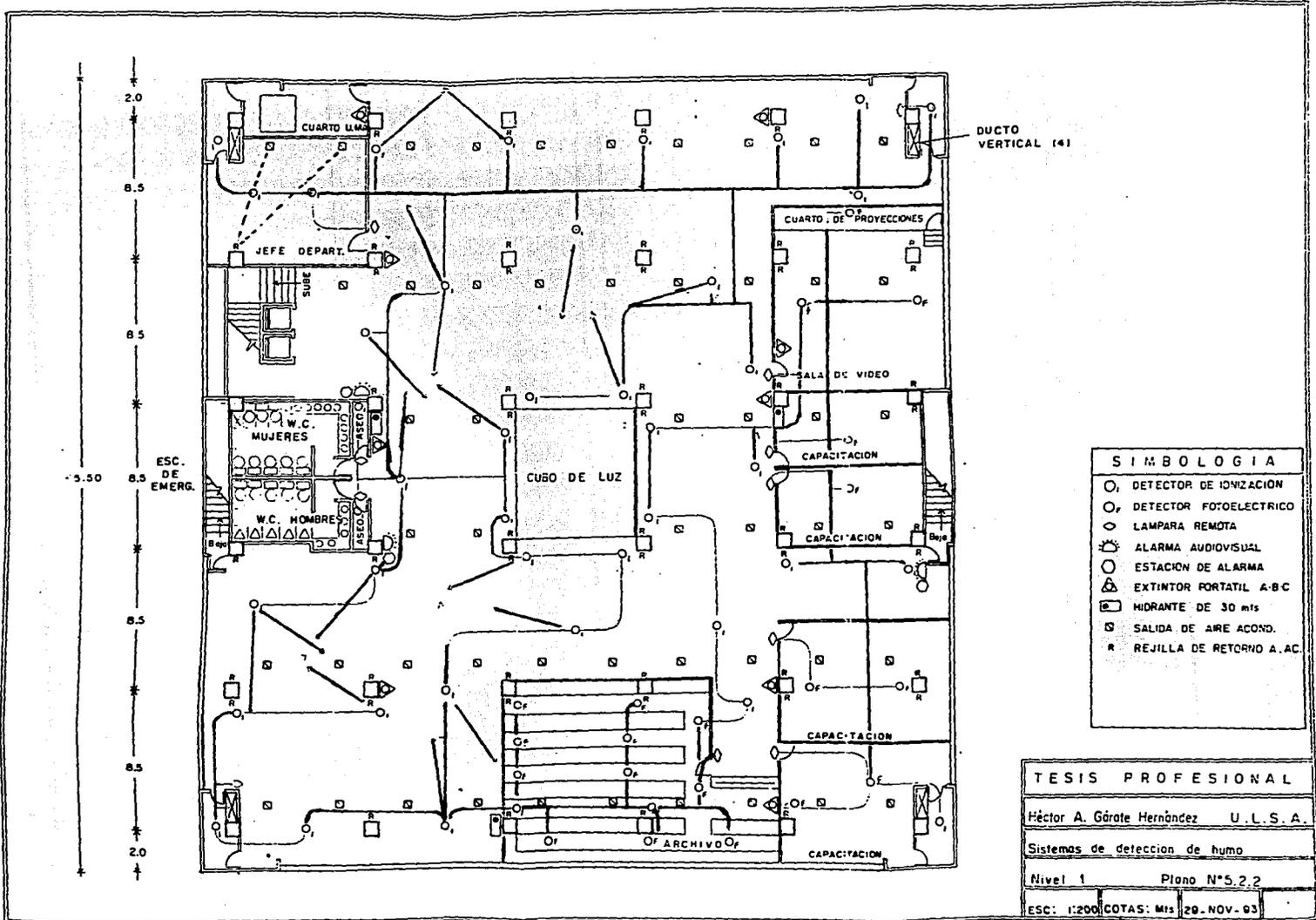
Puera de éste riesgo, no existe otro que pueda cubrirse con detectores de humo.



SIMBOLOGIA	
○	DETECTOR DE IONIZACION
◇	DETECTOR FOTOELECTRICO
◇	LAMPARA REMOTA
⚡	ALARMA AUDIOVISUAL
○	ESTACION DE ALARMA
△	EXTINTOR PORTATIL ABC
□	HIDRANTE DE 30 MTS
⊠	SALIDA DE AIRE COND
R	REJILLA DE RETORNO A AC
—	RADIO DE COBERTURA / DETECT.

TESIS PROFESIONAL	
Héctor A. Gárate Hernández U.L.S.A.	
Sistemas de detección de humo	
Nivel P. Bajo	Plano N° 5 2 1
ESC: 1:200	COTAS: Mts 26-NOV-93

FALLA DE ORIGEN



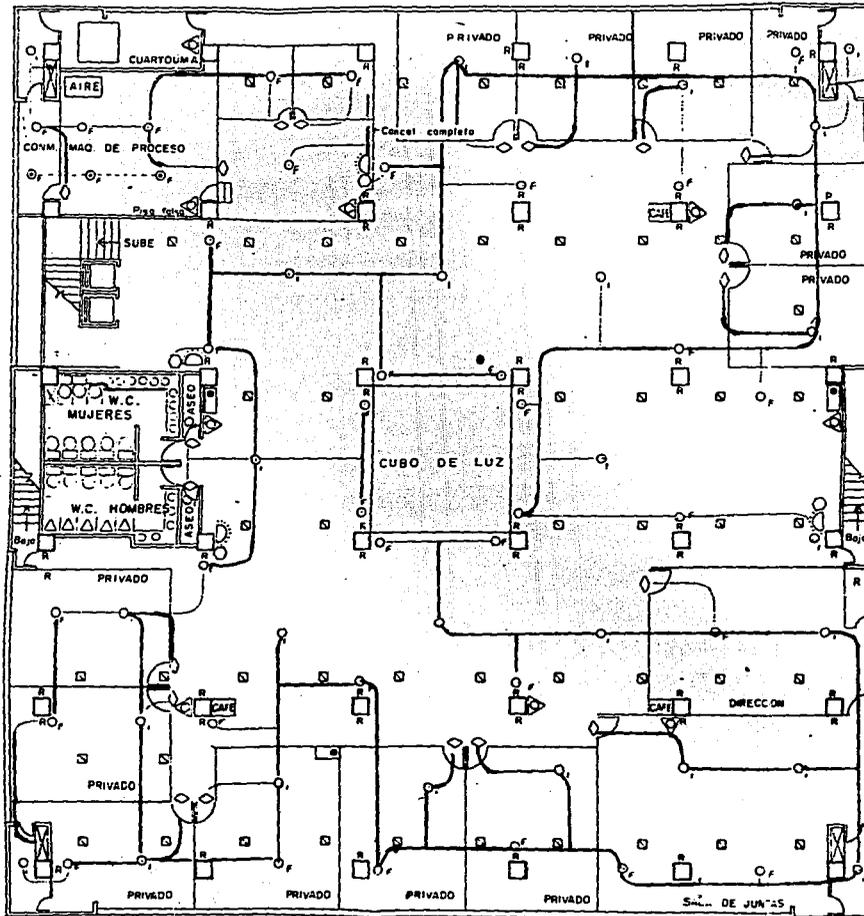
SIMBOLOGIA	
○	DETECTOR DE IONIZACION
○	DETECTOR FOTOELECTRICO
◇	LAMPARA REMOTA
⊙	ALARMA AUDIOVISUAL
○	ESTACION DE ALARMA
△	EXTINTOR PORTATIL A-BC
□	MIDRANTE DE 30 mts
⊞	SALIDA DE AIRE ACOND.
R	REJILLA DE RETORNO A.A.C.

TESIS PROFESIONAL	
Héctor A. Górate Hernández	U.L.S.A.
Sistemas de detección de humo	
Nivel 1	Plano N°5.2.2
ESC: 1:200	COTAS: Mts 20-NOV-93

2.0
8.5
8.5
8.5
8.5
8.5
8.5
2.0

46.50

ESC. DE EMERG.

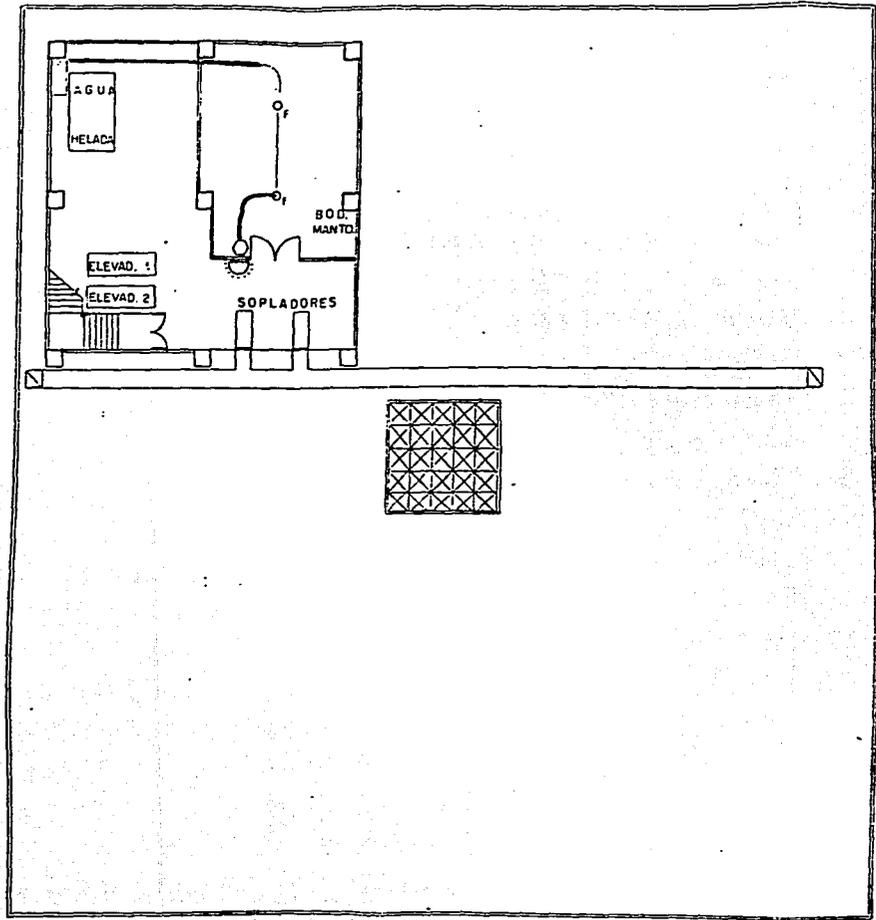


DUCTO VERTICAL 141

SIMBOLOGIA	
○	DETECTOR DE IGNICION
○	DETECTOR FOTOELECTRICO
○	LAMPARA REMOTA
○	ALARMA AUDIOVISUAL
○	ESTACION DE ALARMA
△	EXTINTOR PORTATIL ABC
□	MIHRANTE DE 30 MIN
□	SALIDA DE AIRE 2COND.
■	REJILLA DE RETORNO A.C.
⊗	DETECTOR PISO FALSO

TESIS PROFESIONAL	
Héctor A. Górate Hernández	U.L.S.A
Sistemas de detección de humo	
Nivel 2	Plano N° 5.2.3
ESC: 1:200	COTAS: Mts 20. NOV. 93

FALLA DE ORIGEN



SIMBOLOGIA	
○	DETECTOR DE IONIZACION
○	DETECTOR FOTOELECTRICO
○	LAMPARA REMOTA
⚡	ALARMA AUDIOVISUAL
⊙	ESTACION DE ALARMA
⊙	EXTINTOR PORTATIL A B C
□	HIDRANTE DE 30 mts
□	SALIDA DE AIRE ACCIO
■	REJILLA DE RETORNO A.A.C
F	RADIO DE COBERTURA/DETECT.

TESIS PROFESIONAL	
Héctor A. Gárate Hernández U.L.S.A.	
Sistemas de detección de humo	
Nivel Apto	Plano N° 5 2.4
ESC: 1200	COTAS MIS: 29-NOV-93

FALLA DE ORIGEN

CAPITULO VI

ANALISIS DE COSTOS

En este capítulo se hará una evaluación de costos referente a los equipos de detección y control necesarios, así como la instalación de los mismos para el sistema de detección de humo del edificio que fue motivo del capítulo anterior, considerando exactamente esas características y condiciones.

6.1 COSTO DE EQUIPOS,

Esta sección incluye únicamente el equipo propio de detección y control, mismo que se detalla por área, indicando posteriormente el costo total.

Nivel	Zona	N° Detectores		Estac. Manual	Lámpara Remota	Alarma Audiovisual
		Ioniz.	Fotoel.			
P. Baja	1	24	0	2	2	1
	2	24	0	2	0	1
1° Nivel	3	16	0	1	3	1
	4	8	22	1	6	1
	5	17	0	1	2	1
2° Nivel	6	14	15	1	8	1
	7	15	15	1	8	1
	8	1	9	1	4	1
Azotea	9	0	2	1	0	1
	9	119	63	11	33	9

El costo de este equipo se detalla, en marca Kidde-Fenwal a continuación;

Part.	Cant.	Descripción	P.Unitario	Importe
01	119	Detector de humo, por ionización, marca Kidde-Fenwal, modelo CPD 7051.	N \$ 172.80	N \$ 20,563.20
02	63	Detector de humo, fotoeléctrico, marca Kidde-Fenwal, modelo PSD 7155.	N \$ 179.20	N \$ 11,289.60
03	106	Base estándar para detector de humo, marca Kidde-Fenwal.	N \$ 28.80	N \$ 3,052.80
04	76	Base para detector de humo, con terminales para lámpara remota.	N \$ 40.00	N \$ 3,040.00

FALLA DE ORIGEN

05	33	Lámpara remota de señalización para sistema de detectores de humo en interiores, marca Kidde-Fenwal, modelo RAI-2.	N \$ 54.40	N \$ 1,795.20
06	9	Señal de alarma tipo audiovisual, con vibrador de 90 decibelios y estroboscopio blanco, de 24 VCD, marca Kidde-Penwal.	N \$ 270.00	N \$ 2,430.00
07	11	Estación manual de alarma, con seguro, marca Kidde-Fenwal, modelo B-5.	N \$ 179.20	N \$ 1,971.20
08	1	Tablero modular de control de 12 zonas de riesgo, marca Kidde-Fenwal, modelo 3210, con respaldo eléctrico para 8 horas sin suministro externo de corriente.	N \$ 11,177.60	N \$ 11,177.60

Sub-total equipos (antes de I.V.A.) M.N. N \$ 55,319.60

6.2 COSTO DE MATERIALES ELECTRICOS;

Esta sección compete exclusivamente a los materiales eléctricos que se requieren para la instalación de éstos sistemas de detección. La calidad necesaria es;

- No interferencia externa; Esto implica una tubería independiente a cualquier otra instalación, ya sea telefónica o de fuerza, ya que el consumo eléctrico de éstos sistemas es bajo (tienen una corriente de supervisión de 0.060 amp).

- Se necesita flexibilidad para que se puedan hacer otros trabajos. Para esto, cada detector que esté instalado en el plafón deberá tener una conexión flexible que le permita movimientos laterales para hacer maniobras en otras instalaciones.

- Se requiere que sea sólida, como toda instalación eléctrica, por lo que deberá estar fija a miembros estructurales, como columnas, traveses o losas.

Bajo éstas condiciones, el material requerido, incluyendo su costo es;

Cant.	Descripción	P.Unitario	Importe
350	Tubo conduit pared gruesa 13 mm	N \$ 10.00	N \$ 3,500.00
22	Tubo conduit pared gruesa 19 mm	N \$ 14.00	N \$ 308.00
22	Tubo conduit pared gruesa 25 mm	N \$ 20.00	N \$ 440.00
279	Caja LR, LL ó TE de aluminio 13 mm	N \$ 7.60	N \$ 2,120.40
42	Caja LR, LL ó TE de aluminio 19 mm	N \$ 9.50	N \$ 399.00
22	Caja LR, LL ó TE de aluminio 25 mm	N \$ 12.20	N \$ 268.40
14	Reducción bushing de 19 a 13 mm	N \$ 0.80	N \$ 11.20
8	Reducción bushing de 25 a 19 mm	N \$ 1.30	N \$ 10.40
235	Mts. de tubo Licuatite de 13 mm	N \$ 7.50	N \$ 1,762.50
442	Conector recto de licuatite 13 mm	N \$ 4.50	N \$ 1,989.00
212	Caja redonda de aluminio 13 mm	N \$ 19.50	N \$ 4,134.00
11	Caja cuadrada de aluminio 13 mm	N \$ 16.30	N \$ 179.30
950	Soporte hilti completo	N \$ 2.50	N \$ 2,375.00
82	Caja de 100 m. de cable THW, cal. 16	N \$ 65.60	N \$ 5,379.20
900	Zapata de conexión para detector	N \$ 0.25	N \$ 225.00

Sub-total de materiales (antes de I.V.A.) M.N. N \$ 23,101.40

6.3 COSTO DE MANO DE OBRA;

La instalación de éstos equipos requiere de 2 maestros electricistas, cada uno con un ayudante. Este equipo debe estar asesorado por un ingeniero especializado en este tipo de trabajos para dirigirlos.

El tiempo de ejecución bajo éstas condiciones es de 6 semanas, por lo que el total de costos queda de la siguiente forma;

Sueldo semanal de 2 maestros;	N \$ 1,100.00
Sueldo semanal de 2 ayudantes;	N \$ 600.00
Sueldo semanal de un ingeniero supervisor;	N \$ 1,500.00

Costo semanal por mano de obra y supervisión N \$ 3,200.00 X 6 semanas

Sub-total por mano de obra (antes de I.V.A.) N \$ 19,200.00

6.4 TOTAL DE LA INVERSION;

La inversión total se desglosa a continuación;

A) Equipos	N \$ 55,319.60
B) Materiales	N \$ 23,101.40
C) Mano de obra	N \$ 19,200.00

Sub-total del sistema (antes de I.V.A.) N \$ 97,621.00

Este costo total es una inversión que si bien no representa una utilidad inmediata para la empresa, traerá los siguientes beneficios para su recuperación;

- 1.- La prima de seguro se reducirá por todo el tiempo en que el equipo esté funcionando (se le dan 20 años de vida).
- 2.- Existe una disminución en las fuentes potenciales de fuego por la simple presencia de los detectores de humo, ya que cuando se tienen este tipo de sistemas, no se permite fumar en el interior del edificio.
- 3.- Se hace conciencia en el personal de trabajo que el equipo es una necesidad, no un simple requisito o un capricho, promoviendo su expansión a otras instituciones, mejorando la educación de la población en lo que se refiere a control de riesgos.
- 4.- Se hace necesaria la presencia permanente de un guardia para servicio nocturno (para atender una situación de alarma), disminuyendo con ello las posibilidades de asalto o robo a la empresa.

Por otro lado, si se hace un análisis de pérdidas económicas por causa de un conato de incendio en un edificio con detectores de humo y en otro no, el balance será semejante a esto;

A) CONATO EN EDIFICIO PROTEGIDO CON SISTEMA DE DETECCION DE HUMO;;

- Costo de un conato de incendio;

Para éste caso se debe tomar en cuenta que el tiempo de desarrollo del fuego hasta el momento en que se detecta no es superior a los 2 minutos desde que se inició, por lo que se puede controlar fácilmente, representando un gasto de:

1	Recarga de un extintor portátil, de polvo químico seco, de 4.5 Kgs.	N \$	34.00
1	Servicio de limpieza en el área	N \$	26.00
1	Lote de material destruido total o parcialmente por el propio conato (costo de un escritorio).	N \$	250.00
			<hr/>
	Total de la pérdida por conato de incendio;	N \$	310.00

B) SIN SISTEMA DE DETECCION DE HUMO;

- Costo de un conato de incendio;

Para éste caso es aventurado dar un análisis de pérdidas, ya que lo primero que se debe considerar es que el tiempo necesario para que una persona perciba el olor a humo dependerá de múltiples factores;

- 1.- Del número de personas que se encuentren en el edificio (si hay)
- 2.- Del lugar en que se esté produciendo el conato (abierto o cerrado)
- 3.- De la naturaleza del fuego incipiente (flama rápida o brasa)

La combinación de éstas variables son enormes, oscilando desde una extinción con el uso de uno o dos extintores portátiles, hasta la destrucción total del edificio.

Sin embargo, se sabe que cuando un edificio tiene un sistema de detectores de humo, que es empleado correctamente, no tiene posibilidades de ser consumido por el fuego, salvaguardando con ello la inversión total del negocio, que representa fácilmente N \$ 40'000,000.00 (Cuarenta millones de nuevos pesos), sin considerar las pérdidas por paro de actividades, etc.

En otras palabras, en el primer conato de incendio que se presenta, el sistema queda pagado al 100%.

C O N C L U S I O N E S

Después de haber analizado los aspectos teóricos y prácticos de los factores de riesgo, desarrollo y crecimiento del fuego en áreas de oficina, se puede concluir lo siguiente;

México es un país desarrollado en vías de primer mundo, con industria y población crecientes, por lo que cada vez existirá mayor cantidad de materiales combustibles y procesos peligrosos, haciendo necesaria la protección contra incendio en todas las áreas de todos los giros empresariales y de gobierno. Con esto, se hace cada vez más necesario minimizar los riesgos en todas las áreas, a fin de reducir al mínimo la posibilidad de riesgos elevados y a bajo costo. Bajo esta perspectiva se sabe que los sistemas de detección constituyen el sistema de protección que tiene mayor anticipación al crecimiento del fuego, señalizando con toda oportunidad para poder controlar un conato de incendio salvando vidas, bienes materiales y fuentes de trabajo.

En este trabajo se han expuesto elementos suficientes para establecer un criterio de diseño de este tipo de sistemas, con la adecuada señalización para contar con un combate eficiente al fuego, sin dejar de considerar la importancia de Protección Civil para familiarizar al personal con los diferentes tipos de señalamientos que hay para su propio beneficio y sin olvidar que no existe ningún sistema infalible, mucho menos cuando se pone en manos de gente no apta para su interpretación y manejo. Por esta razón se debe preparar al personal de vigilancia para que se convierta en Personal de Seguridad, con capacidad de dar instrucciones para disminuir riesgos y orientar al personal en casos de desastre. Esto es lo que se requiere inculcar en las nuevas generaciones para que tengamos un pueblo más preparado que aspire a mejores condiciones de vida dentro de la sociedad.

Por otro lado, de acuerdo a informes de la National Fire Protection Association de los Estados Unidos, en los edificios que tienen sistemas de rociadores automáticos, el 86% de los conatos de incendio han sido extinguidos con la apertura de un solo rociador. Si se considera que para que un rociador de agua, debe existir como mínimo una temperatura superior a los 57°C, cuya fuente de generación habrá producido suficiente cantidad de humo como para alarmar por lo menos a 10 detectores de humo dentro de un piso en un área abierta. Este dato es enormemente significativo, ya que con un sistema de detectores de humo es posible reducir el tamaño del fuego generado y con ello los daños que éste produce además de los daños por agua, que en caso de archivos confidenciales o documentación negociable representarán pérdidas irreparables con la presencia de agua. De esto, se puede decir que si el 86% de los conatos de incendio son extinguidos con la apertura de un solo rociador, es factible pensar que puede haber garantía de

extinguir el 100% de los conatos de incendio siempre y cuando se atienda a la primera alarma del sistema.

Por último, se sabe que el costo de un sistema de detectores de humo representa menos del 0.5% de la inversión de un edificio, cuando al mismo tiempo puede representar la diferencia de permanecer activo o desaparecer del ámbito comercial para siempre. Este último criterio debe ser considerado a partir de ahora dentro de las mentes de los arquitectos e ingenieros civiles dedicados a la planeación de estructuras y edificios habitados, para que los inmuebles que se construyan del tamaño y tipo que sean, cuenten con este tipo de protecciones básicas y de ser posible que se amplíe a otros sistemas mas sofisticados.

B I B L I O G R A F I A

- Technical Committee National NFPA
Gordon P. McKinnon, Managing Editor
Fire Protection Handbook
National Fire Protection Association
Thirteenth Edition
U.S.A. 1969
- Technical Committee on Automatic Sprinklers
Standard on Automatic Sprinklers Installation
National Fire Protection Association
1991 Edition
U.S.A. 1991
- Technical Committee on Carbon Dioxide Systems
Standard on Carbon Dioxide Systems
National Fire Protection Association
1993 Edition
U.S.A. 1993
- Technical Committee on Portable Fire Extinguishers
Portable Fire Extinguishers
National Fire Protection Association
1990 Edition
U.S.A. 1990
- Technical Committee on Halogenated Fire Extinguishing Systems
Standard on Halon 1301 Systems
National Fire Protection Association
1992 Edition
U.S.A. 1992
- The Reliable Automatic Sprinkler Co. Inc.
Water Systems Suppression
Eleventh Edition
U.S.A. 1984
- Fenwal Incorporated
Automatic Fire Detectors, Application Engineering Manual
First Edition
U.S.A. 1988
- Fenwal Incorporated
Very Early Smoke Detection Apparatus
First Edition
U.S.A. 1991
- Greg Kyte
Fire Investigation Report
Fire Marshal Association N.F.P.A.
U.S.A. 1988

INDICE

	Pág.
Introducción	2
Capítulo I : Aspectos Teóricos	5
1.1 Definiciones	6
1.2 Qué es el fuego, productos de la combustión	8
1.2.1 Átomos y moléculas	8
1.2.2 Triángulo del fuego	9
1.2.3 Productos de la combustión	12
1.3 Educación en la Seguridad Contra Incendio	13
1.4 Estadística de pérdidas por causa de fuego	15
Capítulo II: Características de los riesgos	17
2.1 Clasificación	18
2.2 Tipos de combustibles	19
2.3 Ignición de los materiales	23
2.4 Condiciones y actos inseguros	28
Capítulo III: Medios de Protección	29
3.1 Tipos de sistemas automáticos	30
3.1.1 Sistemas a base de agua	30
3.1.2 Sistemas a base de bióxido de carbono	35
3.1.3 Sistemas a base de agente halogenado	38
3.1.4 Otros agentes extintores	40
3.2 Equipos de actuación manual	41
3.2.1 Extintores portátiles contra incendio	41
3.2.2 Hidrantes	43
3.2.3 Protección civil	44
Capítulo IV: Fuego incipiente y su detección	47
4.1 Comportamiento del humo en fuegos incipientes ...	48
4.2 Detectores de humo	52
4.2.1 Detector de humo por ionización	53
4.2.2 Detector fotoeléctrico	56
4.2.3 Detector de alta sensibilidad	58

4.3	Reporta de un incendio de grandes dimensiones ...	60
4.4	Posición de un detector de humo	63
4.5	Zonificación de áreas	68
capítulo V: caso práctico		70
5.1	Descripción del edificio	71
5.2	Protección contra incendio	73
5.2.1	Nivel planta baja	73
5.2.2	Nivel 1	74
5.2.3	Nivel 2	76
5.2.4	Azotea	80
	Plano 5.2.1, Nivel planta baja	81
	Plano 5.2.2, Nivel 1	82
	Plano 5.2.3, Nivel 2	83
	Plano 5.2.4, Azotea	84
capítulo VI: Análisis de costos		85
6.1	Costo de equipos	86
6.2	Costo de materiales eléctricos	87
6.3	Costo de mano de obra	88
6.4	Total de la inversión	89
Conclusiones		91
Bibliografía		93
Índice		94