

Alarmas de Incendio y Señalización. — Parte 4 Requisitos para dispositivos iniciadores

ANTEPROYECTO

Advertencia

Este documento no es una Norma Nacional NORDOM. Se distribuye para su revisión y comentarios. Está sujeto a cambios sin previo aviso y no puede ser referido como un Estándar Internacional.

Los destinatarios de este borrador están invitados a enviar, con sus comentarios, la notificación de cualquier derecho de patente relevante del que tengan conocimiento y proporcionar documentación de respaldo.

Contenido

Prefacio	viii
1 Objeto y campo de aplicación	1
1.1 Objeto.....	1
1.2 Campo de aplicación.....	1
2 Referencias normativas	1
3 Términos y definiciones.....	1
4 Dispositivos iniciadores.....	1
4.1 Aplicación	1
4.2 Propósito	2
4.3 Diseño a base de desempeño.....	2
4.4 Requisitos generales	2
4.5 Requisitos para los detectores de humo y de calor.....	3
4.5.1 Montaje empotrado	3
4.5.2 Tabiques	4
4.5.3 Cobertura del detector	4
4.6 Sensores de incendios detectores de calor	5
4.6.1 Generalidades.....	5
4.6.2 Temperatura	6
4.6.3 Ubicación y espaciamiento	7
4.7 Detectores de incendios sensores de humo.....	9
4.7.1 Generalidades.....	9
4.7.2 Sensibilidad	11
4.7.3 Ubicación y espaciamiento	11
4.7.4 Calefacción, ventilación y aire acondicionado (heating, ventilating and air conditioning o HVAC)	17
4.7.5 Detectores de humo para control de la propagación del humo	17
4.7.6 Detección de humo por imagen de video.....	24
4.8 Detectores de incendios con sensores de energía radiante	25
4.8.1 Generalidades.....	25
4.8.2 Características del incendio y selección del detector	25
4.8.3 Consideraciones del espaciamiento	25
4.8.4 Otras consideraciones	27
4.8.5 Detección de llamas por imagen de video	28
4.9 Detectores combinados, de criterios múltiples y con múltiples sensores.....	28
4.9.1 Generalidades.....	28
4.9.2 Detectores combinados.....	28
4.9.3 Detectores de criterios múltiples	28
4.9.4 Detectores con múltiples sensores	28
4.10 Detección de gas.....	29
4.10.1 Generalidades.....	29
4.10.2 Características del gas y selección del detector	29
4.11 Otros detectores de incendios	29
4.12 Dispositivos iniciadores de alarma de flujo de agua en rociadores.....	30
4.13 Detección del funcionamiento de otros sistemas de extinción automáticos.....	30
4.14 Dispositivos iniciadores de alarma accionados manualmente	30
4.15 Dispositivo de monitoreo electrónico de extintores de incendio.....	31
4.16 Dispositivos iniciadores de señales de supervisión	32
4.16.1 Dispositivo de inicio de señales de supervisión de la válvula de control	32
4.16.2 Dispositivo de inicio de señales de supervisión de presión	32
4.16.3 Dispositivo de inicio de señales de supervisión del nivel de agua	33

4.16.4	Dispositivos iniciadores de señal de supervisión de temperatura del agua	33
4.16.5	Dispositivos iniciadores de señal de supervisión de la temperatura ambiental	33
5	Aparatos de notificación	33
5.1	Aplicación	33
5.2	Propósito	34
5.3	Generalidades	34
5.3.1	Listado	34
5.3.2	Placas de identificación	34
5.3.3	Construcción física	34
5.3.4	Protección mecánica	35
5.3.5	Montaje	35
5.3.6	Conexiones	35
5.4	Características audibles	35
5.4.1	Requisitos generales	35
5.4.2	Señal distintiva de evacuación	36
5.4.3	Requisitos para señales audibles en modo público	37
5.4.4	Requisitos para señales audibles en modo privado	38
5.4.5	Requisitos para áreas para dormir	39
5.4.6	Señalización de tono por banda angosta para umbrales enmascarados excesivos	39
5.4.7	Requisitos de los aparatos de notificación audible indicadores de salida	40
5.4.8	Ubicación de los aparatos de notificación audible para un edificio o estructura	41
5.4.9	Ubicación de los aparatos de notificación audible para señalización de área amplia	41
5.4.10	Inteligibilidad de la voz	41
5.5	Características visibles — Modo público	42
5.5.1	Señalización visible	42
5.5.2	Área de cobertura	42
5.5.3	Características de luz, color y pulso	42
5.5.4	Fotometría de los aparatos	43
5.5.5	Ubicación de los aparatos	43
5.5.6	Ubicación de los aparatos de notificación visible para la señalización de área amplia	47
5.6	Características visibles — Modo privado	47
5.7	Método de señalización visible suplementario	47
5.8	Aparatos de texto audible	48
5.8.1	Aparatos de altoparlantes	48
5.8.2	Aparatos telefónicos	48
5.9	Aparatos de notificación visible textual y gráfica	48
5.9.1	Aplicación	48
5.9.2	Ubicación	48
5.9.3	Desempeño	49
5.9.4	Requisitos de los caracteres y símbolos y distancia de visión	49
5.10	Aparatos táctiles	50
5.10.1	Aplicación	50
5.10.2	Desempeño	50
5.11	Interfaz normalizada de los servicios de emergencia	50
6	Interfaces de la función de control de emergencia	51
6.1	Aplicación	51
6.2	Generalidades	51
6.3	Operación de rellamado de emergencia de ascensores Fase I	53
6.3.3	Iniciación de la operación de rellamado de emergencia Fase I	53
6.3.5	Ubicación de alarma en vestíbulo de ascensores	53
6.3.6	Detección de incendios en ascensores no provisto de rociadores	54
6.3.7	Dispositivos iniciadores de alarma de incendio en el interior de fosos de ascensores	54
6.4	Interrupción de la energía de los ascensores	56
6.5	Ascensores para el acceso del servicio de bomberos	57

6.6	Ascensores para evacuación de los ocupantes (Occupant Evacuation Operation u OEO)	57
6.6.1	Estado del ascensor	57
6.6.2	Operación de evacuación de los ocupantes (occupant evacuation operation u OEO) con el uso de ascensores	57
6.7	Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC)	61
6.8	Ventiladores de alto volumen y baja velocidad (HVLS)	62
6.9	Liberación de puertas y persianas	62
6.10	Puertas de cierre mediante traba eléctrica	62
6.11	Sistemas de notificación audible de señalización de salida.....	63
Anexo A (informativo) Guía de ingeniería para el espaciamiento de detectores automáticos de incendio		64
A.1	Anexo A.....	64
A.2	Introducción	64
A.2.1	Alcance	64
A.2.2	Generalidades.....	64
A.2.3	Propósito	65
A.3	Enfoque basado en el desempeño para diseñar y analizar sistemas de detección de incendios	67
A.3.1	Visión general	67
A.3.2	Fase 1: Definición de metas y objetivos.....	67
A.3.2.1	Definición del alcance del proyecto.....	67
A.3.2.2	Identificación de metas	69
A.3.2.3	Identificación de los objetivos de los grupos de interés	69
A.3.2.4	Definición de los objetivos de diseño.....	70
A.3.2.5	Definición de criterios de desempeño	70
A.3.3	Fase II: Diseño y evaluación del sistema	71
A.3.3.1	Desarrollo de escenarios de incendio.....	71
A.3.3.1.1	Generalidades.....	71
A.3.3.1.2	Características del edificio.....	72
A.3.3.1.3	Características de los ocupantes.....	72
A.3.3.1.4	Características del incendio	73
A.3.3.2	Desarrollo de incendios de diseño	74
A.3.3.2.1	Generalidades.....	74
A.3.3.2.2	Índices de liberación de calor	76
A.3.3.2.3	Índice de crecimiento del incendio.....	76
A.3.3.2.4	Altura de la llama	78
A.3.3.2.5	Selección de un tamaño crítico de incendios.....	80
A.3.3.2.6	Fuentes de datos	84
A.3.3.3	Desarrollo y evaluación de sistemas potenciales de detección de incendios	86
A.3.3.4	Selección y documentación del diseño final	90

A.3.3.5 Administración.....	94
A.4 Evaluación de desempeño de los sistemas de detección de calor.....	95
A.4.1 Generalidades.....	95
A.4.2 Consideraciones sobre los datos de entrada.....	95
A.4.2.1 Información requerida.....	95
A.4.2.1.1 Diseño.....	95
A.4.2.1.2 Análisis.....	96
A.4.2.2 Consideraciones sobre la temperatura ambiente.....	96
A.4.2.3 Consideraciones sobre la altura de los cielorrasos.....	97
A.4.2.4 Temperatura operativa.....	98
A.4.2.5 Constante de tiempo e Índice de tiempo de respuesta (RTI).....	98
A.4.2.6 Índice de crecimiento del incendio.....	98
A.4.2.7 Tamaño límite del incendio.....	99
A.4.3 Espaciamento de detectores de calor.....	99
A.4.3.1 Espaciamento de detectores de calor de temperatura fija.....	99
A.4.3.2 Antecedentes teóricos.....	100
A.4.3.3 Correlaciones de los Detectores de Calor.....	100
A.4.3.4 Correlaciones de temperatura y velocidad.....	102
A.4.3.5 Limitaciones.....	104
A.4.3.6 Ejemplos de diseño.....	106
A.4.3.7 Desarrollo de diseños probables.....	108
A.4.3.8 Evaluación de Diseños Potenciales.....	108
A.4.3.9 Espaciamento de detectores de calor de velocidad de aumento.....	110
A.5 Espaciamento para detectores de humo en incendios con llama.....	112
A.5.1 Introducción.....	112
A.5.2 Características de respuesta de los detectores de humo.....	116
A.5.3 Características del humo.....	116
A.5.4 Consideraciones sobre el transporte.....	116
A.5.5 Dilución del humo.....	117
A.5.6 Estratificación.....	118
A.5.6.3.1 El análisis de estratificación intermedia se expone en la figura A.10b).....	118
A.5.6.3.1.1 Espacios con gradiente de temperatura de función Escalón.....	118
A.5.6.3.2 Espacios con gradiente lineal de temperatura.....	119
A.5.7 Características del detector.....	120
A.5.7.1 Generalidades.....	120
A.5.7.2 Resistencia al ingreso de humo.....	121
A.5.7.3 Velocidad crítica.....	122
A.5.7.4 Respuesta al color del humo.....	122

A.5.7.5 Densidad óptica y temperatura.....	123
A.5.8 Métodos para calcular la respuesta del detector de humo	125
A.5.8.1 Generalidades.....	125
A.5.8.1.1 Método 1 - Densidad óptica versus temperatura.....	125
A.5.8.2 Método 2: Densidad óptica de masa	126
A.5.8.3 Método de velocidad crítica.....	129
A.5.9 Detección de humo de haz proyectado	130
A.5.10 Efectos de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC)	130
A.6 Detección de energía radiante	135
A.6.1 Generalidades.....	135
A.6.1.1 Radiación electromagnética.....	135
A.6.1.2 Longitud de onda	136
A.6.1.3 Transferencia de fotones	136
A.6.1.4 Tipo de detector	136
A.6.1.5 Efectos del ambiente	137
A.6.1.5.1 Radiadores ambientales sin fuego	137
A.6.1.5.2 Absorción de radiación Ambiental.....	137
A.6.1.5.3 Contaminación de superficies ópticas	137
A.6.1.5.4 Factores de diseño	138
A.6.1.6 Modelo de respuesta del detector	138
A.6.2 Diseño de sistemas de detección de llama	138
A.6.2.1 Sensibilidad del detector	138
A.6.2.2 Incendio de diseño	139
A.6.2.3 Cálculo de la sensibilidad del detector	140
A.6.2.4 Cálculo de la respuesta del detector hacia el incendio de diseño.....	140
A.6.2.5 Corrección para el desplazamiento angular.....	141
A.6.2.6 Correcciones para combustibles.....	142
A.6.2.7 Factores atmosféricos de extinción	142
A.6.3 Diseño de sistemas de detección de chispas/brasas	143
A.6.3.1 Incendio de diseño	143
A.6.3.2 Medio ambiente del incendio.....	143
A.6.3.3 Cálculo de la respuesta del detector al incendio de diseño	143
A.6.3.4 Corrección para el desplazamiento angular.....	144
A.6.3.5 Correcciones para combustible.....	145
A.7 B.6 Modelos de incendio por computadora	145
A.7.1 DETACT — T^2	145
A.7.2 DETACT — QS.....	146
A.7.3 LAVENT.....	146

A.7.4 JET e modelo computarizado de dos zonas, de compartimiento único	146
Bibliografía	147

Prefacio

EL Instituto Dominicano para la Calidad (INDOCAL), es el organismo oficial que tiene a su cargo el estudio y preparación de las Normas Dominicanas (NORDOM), a nivel nacional. Es miembro de la Organización Internacional de Normalización (ISO), Comisión Internacional de Electrotécnica (IEC), Comisión del Codex Alimentarius, Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT), representando a la República Dominicana ante estos Organismos.

La norma **NORDOM 13-2: 047 Alarmas de incendio y señalización. Parte 4: Requisitos para dispositivos iniciadores**, ha sido preparada por la Dirección de Normalización del Instituto Dominicano para la Calidad (INDOCAL).

Para que esta norma esté acorde con el sistema de medida oficial de la República Dominicana, se ha puesto el Sistema Internacional de Unidades (SI), como la unidad de medida normativa, por tanto, los valores indicados en unidades Sistema Internacional de unidades (SI), deberán considerarse estándar y los valores dados entre paréntesis son solo para información.

El estudio de la citada norma estuvo a cargo del Comité Técnico de Normalización **CTN 13:2 Seguridad industrial**, integrado por representantes de los sectores de producción, consumo y técnico, quienes iniciaron su trabajo tomando como base la Norma **NFPA 72: 2019 Código Nacional de Alarmas de Incendio y Señalización**. Del cual partió la propuesta de norma a ser estudiada por el comité.

Dicha propuesta de norma fue aprobada como anteproyecto por el comité técnico de trabajo en la reunión **No. 07 del 28 de agosto 2024** y preparado para ser enviado a consulta pública por un período de 60 días.

Formaron parte del comité técnico, las entidades y personas naturales siguientes:

PARTICIPANTES:

Hector Jaques

Pedro Jacobo

Cristian González
Fidel del rosario

Javier Pujols

Lodi Fadutte Bermúdez

Manuel Núñez

Antonio Mejía

Julián Rojas

Diana Morales
Darvin García

Marianela González

Guido Capellán

REPRESENTANTES DE:

Asociación de consumidores y usuarios Santo Domingo Norte
(ASOCONSUSADON)

NFPA Capítulo Rep. Dominicana

Instituto nacional de protección de los derechos del consumidor,
(Pro-Consumidor)

Bepensa dominicana, S.A

Superintendencia de salud y riesgo laboral (SISALRIL)

Asociación de Fabricantes, Representantes e Importadores de
Productos para la Protección de Cultivos, Inc. (AFIPA)

Ministerio de salud pública (MSP)

GB Energy Texaco

Colchonería y mueblería la nacional

Diesco Empaques

Font Gamundi

Audy Puyosa

Academia CAT-ITC

Esperanza González

Instituto dominicano para la calidad, (INDOCAL)

Alarmas de Incendio y Señalización. Parte 4: Requisitos para dispositivos iniciadores

1 Objeto y campo de aplicación

1.1 Objeto

Esta parte de la norma NORDOM 901 establece los criterios de instalación mínimos para dispositivos iniciadores requeridos en los sistemas de alarma contra incendio.

1.2 Campo de aplicación

Esta norma se aplica a dispositivos manuales y automáticos de inicio que contribuyen con la seguridad humana, la protección contra incendios y la conservación de la propiedad mediante monitoreo de los dispositivos (detectores que emiten señales de alerta) iniciadores en respuesta a esas señales.

2 Referencias normativas

Los siguientes documentos se mencionan en el texto de tal manera que parte o todo su contenido constituye requisitos de este documento. Para las referencias con fecha, aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia (incluidas las enmiendas).

NORDOM 901, *Alarmas de incendio y señalización — Parte 1: Definiciones*

NORDOM 913, *Alarmas de incendio y señalización. Parte 2: Documentación y fundamento*

NORDOM 919, *Alarmas de incendio y señalización. Parte 3 Especificaciones*

NORDOM 834, *Eficiencia energética. Acondicionadores de aire. Especificaciones y etiqueta*

NORDOM 759, *Extintores Portátiles contra incendios*

NFPA 72, *Código nacional de alarmas de incendio y señalización*

ANSI/UL 1971, *Standard for Signaling Devices for the Hearing Impaired*

NFPA 90A, *Norma para la Instalación de Sistemas de Aire Acondicionado y Ventilación*

ISO 7731, *Señales de peligro para lugares de trabajo — Señales acústicas de peligro.*

3 Términos y definiciones

Para los fines de este documento se aplican los términos y definiciones establecido en la Norma Dominicana NORDOM 901.

4 Dispositivos iniciadores

4.1 Aplicación

4.1.1 El desempeño, selección, uso y ubicación de dispositivos iniciadores automáticos o manuales, incluyendo, aunque no de manera limitada, dispositivos de detección de incendios, dispositivos que detectan el funcionamiento de los sistemas de supresión y extinción de incendios, sensores de flujo de

agua, interruptores de presión, estaciones manuales de alarma de incendio y otros dispositivos iniciadores de señal de supervisión (entre ellos la notificación de la ronda de vigilancia), que se utilicen para asegurar una alerta emitida en el debido tiempo a los fines de la seguridad humana y la protección de un edificio, un espacio, una estructura, un área o un objeto, deberán cumplir con los requisitos mínimos establecidos en esta norma.

4.1.2 La presente norma establece los criterios mínimos de instalación aplicables para dispositivos iniciadores requeridos en otras normas o en otra parte de este documento. Esta norma no requiere, por sí misma, la instalación de dispositivos iniciadores.

4.1.3 También se deberá cumplir con los requisitos estipulados en diferentes partes de esta serie de normas, a menos que entraran en conflicto con la misma.

4.1.4 Deberán aplicarse los requisitos del capítulo 14 de la NFPA 72.

4.1.5 Los requisitos de las alarmas de estación única y múltiple y los sistemas de alarma de incendio domésticos deberán determinarse de acuerdo con el capítulo 8 de la NORDOM 919.

4.1.6 El material en este capítulo deberá ser aplicado por personas con conocimientos en la aplicación de sistemas y servicios de detección de incendios y alarmas de incendio.

4.1.7 La interconexión de los dispositivos iniciadores con las configuraciones de los equipos de control y los suministros de energía, o con los sistemas de señales de salida que responden a una activación externa deberá efectuarse según se detalla en la presente norma o normas aplicables.

4.2 Propósito

Los dispositivos manuales y automáticos de inicio deberán contribuir con la seguridad humana, la protección contra incendios y la conservación de la propiedad, mediante el suministro de un medio confiable para señalar otro equipo dispuesto para monitorear los dispositivos iniciadores en respuesta a esas señales.

4.3 Diseño a base de desempeño

4.3.1 Los diseños a base de desempeño presentados ante la autoridad competente para su revisión y aprobación deberán incluir la documentación, en formato aprobado, de cada objetivo de desempeño y escenario aplicable junto con cualquier otro cálculo, modelado u otra sustentación técnica utilizada para establecer el desempeño del sistema propuesto frente al fuego y la seguridad humana.

4.3.2 La autoridad competente deberá determinar si dichos objetivos de desempeño identificados son apropiados y si han sido cumplidos.

4.3.3 La autoridad competente deberá aprobar las modificaciones y variaciones del diseño aprobado o base del diseño con antelación.

4.4 Requisitos generales

4.4.1 Los requisitos de los apartados 4.4.2 a 4.4.8 deberán aplicarse a todos los dispositivos iniciadores.

4.4.2 Un dispositivo de inicio deberá estar protegido cuando esté propenso a daños mecánicos. Una guarda mecánica utilizada para proteger un detector de humo, calor o energía radiante deberá estar listada para su uso con el detector.

4.4.3 Los dispositivos iniciadores deberán ser soportados de forma independiente a su unión con los conductores del circuito.

4.4.4 Los dispositivos iniciadores deberán instalarse de manera que faciliten la inspección, prueba y mantenimiento periódicos.

4.4.5 Los dispositivos iniciadores deberán instalarse en todas las áreas, compartimientos o locaciones requeridas por otras normas vigentes.

4.4.6 Se deberán proveer terminales o conductores duplicados en cada dispositivo iniciador con el propósito específico de conectarse al sistema de alarma contra incendio para monitorear la señalización y energía del cableado. Dispositivos iniciadores deberán estar conectados a un sistema que realice el monitoreo requerido.

4.4.7 Donde los detectores de incendio están instalados en lugares ocultos a más de 3.0 m (10 pies) por encima del piso terminado o en arreglos donde el indicador de alarma o supervisión del detector no es visible para el personal de respuesta, los detectores deben estar provistos de una indicación remota de alarma o supervisión en una ubicación aceptable para la autoridad competente.

4.4.7.1 Si se provee un indicador remoto de alarma, la ubicación del detector y el área protegida por el detector deberán ser claramente mostradas en el indicador remoto de alarma por medio de la fijación permanente de un cartel o de otros medios aprobados.

4.4.7.2 Los indicadores remotos de alarma o de supervisión deberán instalarse en un lugar accesible y deben estar claramente etiquetados con la indicación tanto de su función como de cualquier dispositivo o equipo asociado con cada detector.

4.4.7.3 No deberá requerirse que los detectores de incendio instalados en lugares ocultos, donde la señal de alarma o supervisión del detector específico se indica en la unidad de control (y en los planos con su ubicación específica y funciones), estén provistos de indicadores remotos de alarma según lo especificado en el apartado 4.4.7.

4.4.8 Si la intención es iniciar las acciones cuando el humo/fuego o energía radiante plantee una amenaza para un objeto o espacio específico, deberá permitirse que el detector sea instalado en las proximidades inmediatas de dicho objeto o espacio.

4.5 Requisitos para los detectores de humo y de calor

4.5.1 Montaje empotrado

Los detectores no deberán incrustarse en la superficie de montaje salvo que hayan sido probados o certificados para montaje empotrado.

4.5.2 Tabiques

Donde los tabiques se extiendan hasta dentro del 15 por ciento de la altura del cielorraso, los espacios separados por los tabiques deben considerarse como habitaciones separadas.

4.5.3 Cobertura del detector

4.5.3.1 Cobertura total (completa)

4.5.3.1.1 Donde sea requerido por otras leyes, códigos o normas aplicables, y excepto alguna modificación en contrario en los apartados 4.5.3.1.1 a 4.5.3.1.5, la cobertura total de un edificio o de una parte de un edificio, deberá incluir todas las habitaciones, antesalas, áreas de almacenamiento, sótanos, áticos, altillos, espacios por encima de cielorrasos suspendidos y otras subdivisiones y espacios accesibles.

4.5.3.1.2 Donde las áreas inaccesibles estén construidas con materiales combustibles, o contengan dichos materiales, excepto que en el apartado 4.5.3.1.2 se especificara lo contrario, deberán hacerse accesibles y deberán estar protegidas por uno o más detectores.

4.5.3.1.3 No deberán requerirse detectores en espacios ciegos combustibles si existe alguna de las siguientes condiciones:

(1) Donde el cielorraso está directamente fijado a la parte inferior de las vigas de soporte de un techo o suelo combustible.

(2) Donde el espacio oculto está totalmente ocupado por un aislante no combustible (En una construcción con vigas macizas, deberá requerirse el aislamiento para ocupar sólo el espacio desde el cielorraso hasta el borde inferior de la viga del techo o piso).

(3) Donde existen pequeños espacios ocultos sobre las habitaciones, siempre y cuando dichos espacios no excedan los 4.6 m² (50 pies²) de área.

(4) En espacios formados por conjuntos de columnas enfrentadas o vigas macizas en las paredes, pisos o cielorrasos en donde la distancia entre las columnas enfrentadas o vigas macizas es inferior a 150 mm (6 pulgadas).

4.5.3.1.4 No deberán requerirse detectores por debajo de cielorrasos reticulados abiertos si existen todas las siguientes condiciones:

(1) La malla del reticulado en su menor dimensión es de 6.4 mm (1/4 pulgadas) o superior.

(2) El espesor del material no excede la mínima dimensión.

(3) Los huecos constituyen por lo menos el 70 por ciento del área del material del techo.

4.5.3.1.5 Donde se utilicen espacios accesibles ocultos por encima de cielorrasos suspendidos como un plenum de aire de retorno que cumpla con los requisitos de NFPA 90A, la detección deberá ser provista en uno de los siguientes medios:

(1) La detección de humo deberá ser provista de acuerdo con lo establecido en el apartado 4.7.4.2, o

(2) La detección de humo deberá ser provista en cada una de las conexiones desde el plenum de aire de retorno hasta el sistema de manejo de aire central.

4.5.3.1.6 No deberán requerirse detectores por debajo de las plataformas de carga abiertas y sus cubiertas y para espacios accesibles por debajo del piso si existiesen todas las siguientes condiciones:

(1) El espacio no es accesible con fines de almacenamiento o entrada de personas no autorizadas y está protegido contra la acumulación de residuos transportados por el viento.

(2) El espacio no contiene equipos como tuberías de vapor, cableados eléctricos, conductos o transportadores.

(3) El piso por encima del espacio es hermético.

(4) No se procesan, manejan o almacenan líquidos inflamables en el piso superior.

4.5.3.2 Cobertura parcial o selectiva

Donde otras leyes, códigos o normas aplicables requieran solamente la protección de áreas seleccionadas, las áreas especificadas deberán estar protegidas de acuerdo con lo establecido en la presente norma.

4.5.3.3 Cobertura no requerida

4.5.3.3.1 La detección instalada con motivo de lograr con objetivos de seguridad contra incendios específicos, pero que no es requerida por una ley, código o norma, deberá cumplir con los requisitos de esta norma, a excepción de los criterios de espaciamiento prescriptivos de este capítulo.

4.5.3.3.2 Donde se instalan detectores no requeridos para cumplir con objetivos de seguridad contra incendios específicos, no se requerirá la instalación de detectores adicionales que no sean necesarios para cumplir con dichos objetivos.

4.6 Sensores de incendios detectores de calor

4.6.1 Generalidades

4.6.1.1 La documentación del diseño de la detección del calor deberá establecer el objetivo de desempeño requerido del sistema.

4.6.1.2 Los diseños que no estén de acuerdo con el apartado 4.6.1.3 deberán ser considerados diseños prescriptivos y deberán diseñarse de acuerdo con los requisitos prescriptivos de este capítulo.

4.6.1.3 Los diseños basados en el desempeño deberán realizarse de acuerdo con el apartado 4.3.

4.6.1.4 Los detectores de calor de tipo puntual deberán incluir en sus instrucciones de instalación datos técnicos y documentación listada de la temperatura de funcionamiento e índice de tiempo de respuesta (RTI) tal como lo determine la organización que lista el dispositivo.

4.6.2 Temperatura

4.6.2.1 Clasificación

Los detectores de incendio sensores de calor de tipo puntual de temperatura fija o de tasa compensada deberán ser clasificados de acuerdo con su temperatura de funcionamiento, conforme a lo especificado en la tabla 1.

4.6.2.2 Marcado

4.6.2.2.1 Codificación por color

4.6.2.2.1.1 Los detectores de incendio, sensores de calor de tipo puntual de temperatura fija o de tasa compensada deberán estar marcados con un código de color, de acuerdo con lo especificado en la tabla 1.

4.6.2.2.1.2 Si el color general de un detector de incendios con sensor de calor es el mismo al código de color requerido para señalar dicho detector, se deberá emplear uno de los siguientes arreglos, aplicado en un color contrastante y visible una vez hecha la instalación:

(1) Un anillo en la superficie del detector.

(2) La temperatura de funcionamiento en dígitos de por lo menos 9.5 mm (3/8 pulgadas) de altura.

Tabla 1 — Clasificación de temperatura y codificación por color para detectores de incendio sensores de calor

Clasificación de temperatura	Rango de temperatura nominal		Máxima temperatura de cielo raso		Codificación por color
	°F	°C	°F	°C	
Baja*	100–134	39–57	80	28	Sin color
Normal	135–174	58–79	115	47	Sin color
Intermedia	175–249	80–121	155	69	Blanco
Elevada	250–324	122–162	230	111	Azul
Muy elevada	325–399	163–204	305	152	Rojo
Extra elevada	400–499	205–259	380	194	Verde
Ultra elevada	500–575	260–302	480	249	Naranja
* Solo para la instalación en áreas con ambientes controlados. Las unidades deberán estar marcadas para indicar la máxima temperatura ambiental de instalación.					

4.6.2.2.2 Temperatura de funcionamiento

4.6.2.2.2.1 Los detectores de incendio sensores de calor deben estar marcados con su temperatura de funcionamiento listada.

4.6.2.2.2.2 Los detectores de incendio sensores de calor en los que el umbral de alarma sea ajustable en campo, deberán estar marcados con el rango de temperatura.

4.6.2.2.2.3 Los detectores de incendio sensores de calor de tipo puntual también deberán estar marcados con su RTI.

4.6.2.3 Temperatura ambiente del cielorraso

Los detectores que tengan elementos de temperatura fija o de tasa compensada deberán seleccionarse de acuerdo con lo especificado en la tabla 1 para la máxima temperatura ambiente del cielorraso prevista. La certificación de temperatura del detector deberá ser de al menos 11°C (20°F) por encima de la temperatura máxima prevista en el cielorraso.

4.6.3 Ubicación y espaciamiento

4.6.3.1 Cielorraso liso

4.6.3.1.1 Espaciamiento

Se deberá aplicar uno de los siguientes requisitos:

(1) La distancia entre los detectores no deberá exceder su espaciamiento listado, y deberán existir detectores dentro de una distancia igual a un medio del espaciamiento listado, medida en ángulos rectos, a partir de todas las paredes o tabiques que se extiendan hacia arriba hasta dentro del 15 por ciento superior de la altura del cielorraso.

(2) Todos los puntos del cielorraso deben tener un detector dentro de una distancia igual a o menos de 0.7 veces al espaciamiento certificado (0.7S).

4.6.3.1.2 Áreas irregulares

Para áreas de formas irregulares, deberá permitirse que el espaciamiento entre los detectores sea mayor al espaciamiento listado, siempre que el espaciamiento máximo desde un detector hasta el punto más lejano de pared lateral o rincón dentro de su zona de protección no sea mayor a 0.7 veces el espaciamiento listado.

4.6.3.1.3 Ubicación

4.6.3.1.3.1 Salvo modificaciones en contrario en los apartados 4.6.3.2.2, 4.6.3.3.2 o 4.6.3.7, los detectores de incendio sensores de calor de tipo puntual deberán ser ubicados sobre el cielorraso, a no menos de 100 mm (4 pulgadas) desde la pared lateral o sobre las paredes laterales entre 100 mm y 300 mm (4 pulgadas y 12 pulgadas) desde el cielorraso.

4.6.3.1.3.2 Salvo modificaciones en contrario en los apartados 4.6.3.2.2, 4.6.3.3.2 o 4.6.3.7, los detectores de calor de tipo lineal deberán ser ubicados sobre el cielorraso o sobre las paredes laterales a no más de 510 mm (20 pulgadas) desde el cielorraso.

4.6.3.2 Construcción con viguetas macizas

4.6.3.2.1 Espaciamiento

El diseño de espaciamiento de los detectores de calor, medido en ángulos rectos hasta las viguetas macizas, no deberá exceder el 50 por ciento del espaciamiento listado.

4.6.3.2.2 Ubicación

Los detectores deberán montarse en la parte inferior de las viguetas.

4.6.3.3 Construcción con vigas

4.6.3.3.1 Espaciamiento

4.6.3.3.1.1 Un cielorraso deberá considerarse plano si las vigas no se proyectan más de 100 mm (4 pulgadas) por debajo del mismo.

4.6.3.3.1.2 Donde las vigas se proyectan más de 100 mm (4 pulgadas) por debajo del cielorraso, el espaciamiento de los detectores de calor de tipo puntual en ángulos rectos en la dirección del recorrido de la viga no deberá ser mayor a dos tercios del espaciamiento listado.

4.6.3.3.1.3 Donde las vigas se proyectan más de 460 mm (18 pulgadas) por debajo del cielorraso y tienen más de 2.4 m (8 pies) entre centros, cada uno de los vanos formados por las vigas deberán ser tratados como un área separada.

4.6.3.3.2 Ubicación

Donde las vigas tengan menos de 300 mm (12 pulgadas) de profundidad y menos de 2.4 m (8 pies.) en el centro, deberá permitirse que los detectores se instalen sobre la parte inferior de las vigas.

4.6.3.4 Cielorrasos con pendiente (a dos aguas e inclinado)

4.6.3.4.1 Espaciamiento

4.6.3.4.1.1 Pendiente del cielorraso de menos de 30 grados. Para una pendiente del cielorraso de menos de 30 grados, todos los detectores deberán espaciarse aplicando la altura del vértice.

4.6.3.4.1.2 Pendientes del cielorraso de 30 grados o más. Todos los detectores, excepto aquellos ubicados en el vértice, deberán espaciarse aplicando la altura promedio de la pendiente o la altura del vértice.

4.6.3.4.1.3 El espaciamiento deberá medirse a lo largo de una proyección horizontal del cielorraso, de acuerdo con el tipo de construcción del cielorraso.

4.6.3.4.2 Ubicación

4.6.3.4.2.1 En primer lugar se deberá colocar una fila de detectores a o dentro de los 910 mm (36 pulgadas) del vértice del cielorraso.

4.6.3.4.2.2 Los detectores adicionales deberán ser ubicados según se determina en el apartado 4.6.3.4.1.

4.6.3.5 Cielorrasos altos

4.6.3.5.1 En cielorrasos de 3 m a 9.1 m (10 pies a 30 pies) de altura, el espaciamiento del detector de calor deberá reducirse de acuerdo con la tabla 2 antes de llevar a cabo cualquier reducción adicional por vigas o pendientes, si fuera pertinente.

4.6.3.5.1.1 La tabla 2 no deberá aplicarse a los siguientes detectores, los cuales se basan en el efecto de integración:

(1) Detectores de conductividad eléctrica de tipo lineal (ver NORDOM 901, definición 3.6.12).

(2) Detectores de calor de tubería neumática de velocidad de aumento (ver NORDOM 901, definición 3.6.16).

4.6.3.5.1.2 En estos casos, se deberán seguir las recomendaciones del fabricante para un correcto ajuste del punto de alarma y espaciamiento.

4.6.3.6 Espaciamiento mínimo

No deberá requerirse que el espaciamiento mínimo de los detectores de calor sea menor a 0.4 veces la altura del cielorraso.

4.6.3.7 Sensores integrales de calor en detectores combinados y con sensores múltiples

Un detector sensor de calor montado íntegramente sobre un detector de humo deberá estar listado para un espaciamiento no inferior a 15.2 m (50 pies).

4.6.3.8 Otras aplicaciones

Donde se utilice un detector en una aplicación que no sea la protección de un área abierta, deberán cumplirse las instrucciones publicadas del fabricante.

4.6.3.9 Métodos alternativos de diseño

Se deberá permitir que se utilice el anexo A como método alternativo de diseño para determinar el espaciamiento del detector.

4.7 Detectores de incendios sensores de humo

4.7.1 Generalidades

4.7.1.1 La documentación del diseño de detección de humo deberá establecer el objetivo de desempeño requerido del sistema.

4.7.1.2 Los diseños que no estén de acuerdo con el apartado 4.7.1.3 deberán ser considerados diseños prescriptivos y deberán diseñarse de acuerdo con los requisitos prescriptivos de este capítulo.

Tabla 2 — Reducción del espaciamiento de los detectores de calor según la altura del cielorraso

Altura del cielorraso mayor de (>)		Hasta e inclusive		Multiplicar espaciamiento listado por
En m	En pies	En m	En pies	
0	0	3.0	10	1.00
3.0	10	3.7	12	0.91
3.7	12	4.3	14	0.84
4.3	14	4.9	16	0.77
4.9	16	5.5	18	0.71
5.5	18	6.1	20	0.64
6.1	20	6.7	22	0.58
6.7	22	7.3	24	0.52
7.3	24	7.9	26	0.46
7.9	26	8.5	28	0.40
8.5	28	9.1	30	0.34

4.7.1.3 Los diseños basados en el desempeño se deberán ejecutar de acuerdo con el apartado 4.3.

4.7.1.4 Los requisitos prescriptivos en esta sección deberán aplicarse solo donde los detectores estén instalados en ubicaciones interiores comunes.

8.7.1.5 Donde los detectores se instalan para controlar el esparcimiento del humo, éstos deberán instalarse de acuerdo con los requisitos del apartado 4.7.5.

4.7.1.6 Los detectores de humo deberán ser instalados en todas las áreas donde sea requerido por otras leyes, códigos o normas vigentes o por otros apartados de la presente norma.

4.7.1.7 La selección y ubicación de los detectores de humo deberá tener en cuenta tanto las características de desempeño del detector como las áreas en las que los detectores van a ser instalados para evitar alarmas falsas o no intencionales o el funcionamiento inadecuado luego de su instalación.

4.7.1.8 Los detectores de humo no deberán instalarse si cualquiera de las siguientes condiciones existiese, salvo que estuviesen específicamente diseñados y certificados para estas condiciones esperadas:

- (1) Temperaturas por debajo de los 0°C (32°F).
- (2) Temperaturas por encima de los 38°C (100°F).
- (3) Humedad relativa por encima del 93 por ciento.
- (4) Velocidad del aire superior a los. 1.5 m/s (300 pies/min).

4.7.1.9 La ubicación de los detectores de humo deberá basarse en la evaluación de las fuentes ambientales potenciales del humo, humedad, polvo o gases e influencias eléctricas o mecánicas para minimizar las alarmas falsas.

4.7.1.10 Se deberá tener en cuenta el efecto de estratificación por debajo del cielorraso. Se debería permitir utilizar las instrucciones del anexo A.

4.7.1.11 Protección durante la construcción

4.7.1.11.1 Donde se instalen detectores para la iniciación de señales durante la construcción, deberán ser limpiados y deberá verificarse que funcionen de acuerdo con la sensibilidad listada o deberán ser reemplazados antes de la prueba de aceptación final del sistema.

4.7.1.11.2 Donde se instalen detectores, pero no sean puestos en funcionamiento durante la construcción, deberán estar protegidos contra escombros, polvo, suciedad y daños provenientes de la construcción de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y deberá verificarse que funcionen de acuerdo con la sensibilidad listada o deberán ser reemplazados antes de la prueba de aceptación final del sistema.

4.7.1.11.3 Donde la detección no sea requerida durante la construcción, los detectores no deberán ser instalados hasta después que todas las obras restantes inherentes a la construcción hayan sido completamente acondicionadas.

4.7.2 Sensibilidad

4.7.2.1 Los detectores de humo deberán estar marcados con su sensibilidad y tolerancia nominal de producción en porcentaje de oscurecimiento por metro (por pie), según lo requerido por el listado.

4.7.2.2 Los detectores de humo que están equipados para el ajuste de campo de la sensibilidad deberán tener un rango de ajuste no menor del 1.95 por ciento por metro (0.6 por ciento de oscurecimiento por pie).

4.7.2.3 Si el medio de ajuste de sensibilidad se encuentra en el detector, se deberá suministrar un método para restaurar el detector a su calibración de fábrica.

4.7.2.4 Los detectores que posean equipos para ajustar su sensibilidad por medio de un programa deberán poder estar marcados solamente con su rango de sensibilidad programable.

4.7.3 Ubicación y espaciamiento

4.7.3.1 Generalidades

4.7.3.1.1 La ubicación y espaciamiento de los detectores de humo deberán basarse en los flujos de humo anticipados ocasionados por la columna de humo y chorro de techo producidos por el incendio anticipado al igual que en cualquier flujo de aire ambiental preexistente que pudiese existir en el compartimiento protegido.

4.7.3.1.2 El diseño deberá dar cuenta de la contribución de los siguientes factores para predecir la respuesta del detector con respecto a incendios anticipados a los cuales el sistema tiene intenciones de responder:

- (1) Forma y superficie del cielorraso.
- (2) Altura del cielorraso.
- (3) Configuración de los contenidos en el área protegida.

(4) Características de combustión y razón de equivalencia probable de los incendios anticipados que involucran las cargas de combustible dentro del área protegida.

(5) Ventilación del compartimiento.

(6) Temperatura ambiente, presión, altitud, humedad y atmósfera.

4.7.3.1.3 Si la intención es proteger contra un peligro específico, el o los detectores deberán poder instalarse más cerca del peligro, en una posición en donde el detector pueda interceptar el humo.

4.7.3.2 Detectores de humo de tipo puntual

4.7.3.2.1 Los detectores de humo de tipo puntual deberán ser ubicados sobre el cielorraso o, si se los colocara sobre una pared lateral, entre el cielorraso y a 300 mm (12 pulgadas) en dirección descendente desde el cielorraso hasta la parte superior del detector.

4.7.3.2.2 Para minimizar la contaminación por polvo, los detectores de humo, cuando están instalados por debajo de pisos elevados, deberán estar montados solo en la orientación para la cual han sido listados.

4.7.3.2.3 En los cielorrasos lisos, el espaciamiento para los detectores de humo de tipo puntual deberá estar de acuerdo con los apartados 4.7.3.2.3.1 a 4.7.3.2.3.4.

4.7.3.2.3.1 Ante la ausencia de criterios específicos de diseño basados en el desempeño, deberá aplicarse uno de los siguientes requisitos:

(1) La distancia entre detectores de humo no deberá exceder un espaciamiento nominal de 9.1 m (30 pies) y deberá haber detectores dentro de una distancia de la mitad del espacio nominal, medidas en los ángulos rectos desde todas las paredes o tabiques que se extiendan hacia arriba hasta dentro del 15 por ciento de la altura del cielorraso.

(2) Todos los puntos sobre el cielorraso deberán tener un detector dentro de una distancia equivalente a o menor de 0.7 veces el espaciamiento (0.7S) de 9.1 m (30 pies) nominal.

4.7.3.2.3.2 En todos los casos, se deberán seguir las instrucciones publicadas del fabricante.

4.7.3.2.3.3 Se deberá poder permitir otros espaciamientos dependiendo de la altura del cielorraso, diferentes condiciones o requisitos de respuesta.

4.7.3.2.3.4 Se deberá poder utilizar las instrucciones estipuladas en el anexo A para la detección de incendios de llama.

4.7.3.2.4 Para construcciones con viguetas macizas y con vigas, el espaciamiento para los detectores de humo de tipo puntual deberá estar de acuerdo con los apartados 4.7.3.2.4.1 a 4.7.3.2.4.6.

4.7.3.2.4.1 Las viguetas macizas se deberán considerar equivalentes a las vigas en los lineamientos sobre espaciamiento de los detectores de humo.

4.7.3.2.4.2 Para cielorrasos a nivel, deberá aplicarse lo siguiente:

(1) Para cielorrasos con profundidades de vigas menores al 10 por ciento de la altura del cielorraso (0.1 H), se deberá permitir el espaciamiento de cielorrasos lisos. Deberá permitirse que los detectores de humo de tipo puntual sean ubicados sobre cielorrasos o sobre la parte inferior de las vigas.

(2) Para cielorrasos con profundidades de vigas iguales o mayores al 10 por ciento de la altura del cielorraso (0.1 H), deberá aplicarse lo siguiente:

(a) Donde el espaciamiento de las vigas sea igual o mayor al 40 por ciento de la altura del cielorraso (0.4 H), los detectores de tipo puntual ser ubicados sobre el cielorraso en cada uno de los vanos entre las vigas.

(b) Donde el espaciamiento de las vigas sea menor al 40 por ciento de la altura del cielorraso, deberá permitirse lo siguiente para los detectores de tipo puntual:

1. Espaciamiento de cielorrasos lisos en la dirección paralela a las vigas y la mitad del espaciamiento de cielorrasos lisos en la dirección perpendicular a las vigas

2. Ubicación de los detectores ya sea sobre el cielorraso o sobre la parte inferior de las vigas

(3) Para los vanos entre vigas formados por vigas de intersección, incluidos los cielorrasos tipo wafle o de tipo acanalado, debe aplicarse lo siguiente:

(a) Para profundidades de vigas menores al 10 por ciento de la altura del cielorraso (0.1 H), el espaciamiento deberá estar de acuerdo con el apartado 4.7.3.2.4.2(1).

(b) Para profundidades de vigas mayores o equivalentes al 10 por ciento de la altura del cielorraso (0.1 H), el espaciamiento deberá estar de acuerdo con el apartado 4.7.3.2.4.2(2).

(4) Para corredores de 4.6 m (15 pies) de ancho o menos con vigas o viguetas macizas en el cielorraso perpendiculares a la longitud del corredor, deberá aplicarse lo siguiente:

(a) Deberá permitirse el espaciamiento de los cielorrasos lisos.

(b) Ubicación de los detectores de humo de tipo puntual sobre cielorrasos, paredes laterales o en la parte inferior de vigas o viguetas macizas.

(5) Para habitaciones de 84 m² (900 pies²) o menos, deberá permitirse lo siguiente:

(a) Uso del espaciamiento de los cielorrasos lisos.

(b) Ubicación de los detectores de humo de tipo puntual sobre cielorrasos o sobre la parte inferior de vigas.

4.7.3.2.4.3 Para cielorrasos con pendiente, con vigas paralelas sobre la pendiente, deberá aplicarse lo siguiente:

(1) El/los detector/es de tipo puntual deberán ser ubicados sobre el cielorraso dentro del/los vano/s entre las vigas.

(2) La altura del cielorraso deberá tomarse como la altura promedio sobre la pendiente.

- (3) El espaciamiento deberá medirse a lo largo de una proyección horizontal del cielorraso.
- (4) Deberá permitirse el espaciamiento de cielorrasos lisos dentro del/los vano/s entre las vigas.
- (5) Para profundidades de vigas inferiores o equivalentes al 10 por ciento de la altura del cielorraso ($0.1 H$), los detectores de tipo puntual deberán ser ubicados con el espaciamiento de cielorrasos lisos.
- (6) Para profundidades de vigas superiores al 10 por ciento de la altura del cielorraso ($0.1 H$), deberá aplicarse lo siguiente para el espaciamiento perpendicular a las vigas:
 - (a) Para un espaciamiento de vigas superior o igual al 40 por ciento de la altura del cielorraso ($0.4 H$), los detectores de tipo puntual deberán ser ubicados en cada uno de los vanos entre las vigas.
 - (b) Para un espaciamiento de vigas inferior al 40 por ciento de la altura del cielorraso ($0.4 H$), no deberán requerirse detectores de tipo puntual en todos los vanos de las vigas, pero deberán espaciarse a no más del 50 por ciento del espaciamiento de cielorrasos lisos.

4.7.3.2.4.4 Para cielorrasos con pendiente, con vigas perpendiculares a la pendiente, deberá aplicarse lo siguiente:

- (1) El/los detector/es de tipo puntual deberán ser ubicados en la parte inferior de las vigas.
- (2) La altura del cielorraso deberá tomarse como la altura promedio sobre la pendiente.
- (3) El espaciamiento deberá medirse a lo largo de una proyección horizontal del cielorraso.
- (4) Deberá permitirse el espaciamiento de cielorrasos lisos entre los vano/s de las vigas.
- (5) Para profundidades de vigas inferiores o equivalentes al 10 por ciento de la altura del cielorraso ($0.1 H$), los detectores de tipo puntual deberán ser ubicados con el espaciamiento de cielorrasos lisos.
- (6) Para profundidades de vigas superiores al 10 por ciento de la altura del cielorraso ($0.1 H$), no deberá requerirse que los detectores de tipo puntual sean ubicados a menos de ($0.4 H$) y no deberán exceder el 50 por ciento del espaciamiento de cielorrasos lisos.

4.7.3.2.4.5 Para cielorrasos con pendiente, con vanos de vigas formados por vigas de intersección, deberá aplicarse lo siguiente:

- (1) El/los detector/es deberán ser ubicados en la parte inferior de las vigas.
- (2) La altura del cielorraso deberá tomarse como la altura promedio sobre la pendiente.
- (3) El espaciamiento deberá medirse a lo largo de una proyección horizontal del cielorraso.
- (4) Para profundidades de vigas inferiores o equivalentes al 10 por ciento de la altura del cielorraso ($0.1 H$), los detectores de tipo puntual deberán espaciarse con no más de tres vigas entre los detectores y no deberán exceder el espaciamiento de cielorrasos lisos.
- (5) Para profundidades de vigas superiores al 10 por ciento de la altura del cielorraso ($0.1 H$), los detectores de tipo puntual deberán espaciarse con no más de dos vigas entre los detectores, pero no

deberá requerirse que estén espaciados a menos de (0.4 H) y no deberán exceder el 50 por ciento del espaciamiento de cielorrasos lisos.

4.7.3.2.4.6 Para cielorrasos con pendiente, con viguetas macizas, los detectores deberán ser ubicados sobre la parte inferior de la vigueta.

4.7.3.3 A dos aguas

Los detectores primero deberán espaciarse y ubicarse dentro de los 910 mm (36 pulgadas), medidos de manera horizontal. La cantidad y el espaciamiento de los detectores adicionales, si hubiera, deberán basarse en la proyección horizontal del cielorraso.

4.7.3.4 Inclinado

Los detectores primero deberán espaciarse y ubicarse dentro de los 910 mm (36 pulgadas) de la cumbrera, medidos de manera horizontal. La cantidad y el espaciamiento de los detectores adicionales, si hubiera, deberán basarse en la proyección horizontal del cielorraso.

4.7.3.5 Pisos elevados y cielorrasos suspendidos

4.7.3.5.1 Los espacios debajo de pisos elevados y por encima de cielorrasos suspendidos deberán ser tratados como salas separadas a los fines del espaciamiento de detectores de humo. Los detectores instalados debajo de pisos elevados o por encima de cielorrasos suspendidos, o ambos, incluidos los pisos elevados y cielorrasos suspendidos utilizados para el aire ambiental, no deberán utilizarse en lugar de proveer detección dentro de la sala.

4.7.3.5.2 Para pisos elevados, deberá aplicarse lo siguiente:

(1) Los detectores instalados debajo de pisos elevados deberán espaciarse de acuerdo con lo establecido en los apartados 4.7.3.1, 4.7.3.1.3 y 4.7.3.2.2.

(2) Donde el área debajo del piso elevado también se utilice para el aire ambiental, el espaciamiento de los detectores también debe cumplir con lo establecido en los apartados 4.7.4.1 y 4.7.4.2.

4.7.3.5.3 Para cielorrasos suspendidos, deberá aplicarse lo siguiente:

(1) El espaciamiento de los detectores encima de cielorrasos suspendidos deberá cumplir con los requisitos del apartado 4.7.3 para configuración de cielorrasos.

(2) Donde los detectores se instalen en cielorrasos utilizados para el aire ambiental, el espaciamiento de los detectores deberá también cumplir con lo establecido en los apartados 4.7.4.1 y 4.7.4.2.

4.7.3.6 Detector de humo de tipo muestreo de aire

4.7.3.6.1 Cada puerto de muestreo de un detector de humo de tipo muestreo de aire deberá tratarse como detector de tipo puntual con el propósito de ubicación y espaciamiento.

4.7.3.6.2 El tiempo máximo de transporte de muestra de aire desde el puerto más lejano de muestreo hasta el detector no deberá exceder los 120 segundos.

4.7.3.6.3 Las redes de tuberías de muestreo deberán diseñarse en base a, y deben estar apoyadas en, los sólidos principios de la dinámica de los fluidos para garantizar el correcto desempeño.

4.7.3.6.4 Los detalles del diseño de la red de tuberías de muestreo deberán incluir los cálculos que reflejen las características del flujo de la red de tuberías y cada uno de los puertos de muestreo.

4.7.3.6.5 Los detectores de tipo muestreo de aire deberán dar una señal de falla si el flujo de aire se encuentra fuera del rango especificado por el fabricante.

4.7.3.6.6 Los puertos de muestreo y filtro en la línea, en caso de utilizarse, deberán mantenerse despejados de acuerdo con las instrucciones publicadas del fabricante.

4.7.3.6.7 Las tuberías y los accesorios de la red de muestreo de aire deberán ser herméticos y estar permanentemente soportados.

4.7.3.6.8 Las tuberías de sistema de muestreo deberán estar conspicuamente identificadas como “TUBO DE MUESTREO DEL DETECTOR DE HUMO – NO ALTERAR” de la siguiente manera:

(1) En donde las tuberías cambian de dirección o se ramifican.

(2) A cada lado de las penetraciones de las paredes, pisos u otras barreras.

(3) En intervalos en las tuberías para suministrar visibilidad dentro de del espacio, pero no mayor a los 6.1 m (20 pies).

4.7.3.7 Detectores de humo de tipo haz proyectado

4.7.3.7.1 Los detectores de humo de tipo haz proyectado deberán estar ubicados de acuerdo con las instrucciones publicadas del fabricante.

4.7.3.7.2 Los efectos de la esterificación deberán evaluarse al ubicar los detectores.

4.7.3.7.3 La longitud del haz no deberá exceder el máximo permitido por el listado del equipo.

4.7.3.7.4 Si los espejos se utilizan con haces proyectados, los espejos deberán instalarse de acuerdo con las instrucciones publicadas del fabricante.

4.7.3.7.5 Un detector de humo de tipo haz proyectado deberá considerarse equivalente a una fila de detectores de humo de tipo puntual para aplicaciones de cielorrasos a nivel y con pendientes.

4.7.3.7.6 Los detectores de tipo de haz proyectado y los espejos deberán montarse en superficies estables para evitar una operación falsa o errática causada por un movimiento.

4.7.3.7.7 El haz deberá estar diseñado de modo que los pequeños movimientos angulares de la fuente de luz o el receptor no eviten el funcionamiento debido al humo ni provoquen alarmas falsas o no intencionales.

4.7.3.7.8 La trayectoria de luz de los detectores de tipo haz proyectado deberán mantenerse libre de obstáculos opacos en todo momento.

4.7.4 Calefacción, ventilación y aire acondicionado (heating, ventilating and air conditioning o HVAC)

4.7.4.1 En los espacios servidos por sistemas de manejo de aire, los detectores no deberán ubicarse en donde el flujo de aire impida el funcionamiento de los detectores.

4.7.4.2 En los espacios por debajo del piso falso y por encima del cielorraso que se utilizan como plenums de HVAC, los detectores deberán listarse para el ambiente anticipado tal como lo requiere el apartado 4.7.1.8. Los espaciamientos y las ubicaciones del detector deberán seleccionarse en base a los patrones de flujo de aire anticipado y tipo de incendio.

4.7.4.3 Los detectores ubicados en ductos o plenums ambientales no deben utilizarse como sustitutos de detectores de áreas abiertas. Donde los detectores se utilizan para control de la diseminación del humo, se deberá cumplir con los requisitos del apartado 4.7.5. Donde se requiera protección del área abierta se deberá aplicar el apartado 4.7.3.

4.7.4.4 Deberá permitirse que los detectores colocados en plenum o ductos de aire ambientales sean dispositivos iniciadores de alarma o de supervisión.

4.7.5 Detectores de humo para control de la propagación del humo

4.7.5.1 Clasificaciones

Los detectores de humo instalados y utilizados para evitar la propagación del humo mediante la activación del control de ventiladores, compuertas, puertas y otros equipos deberán clasificarse de la siguiente manera:

- (1) Detectores de área instalados en los compartimientos de humo relacionados.
- (2) Detectores instalados en los sistemas de ductos de aire.
- (3) Detección de humo por imagen de video instalada en compartimientos relacionados con el humo.

4.7.5.2 Limitaciones

4.7.5.2.1 Los detectores instalados en el sistema de ductos de aire, conforme a lo mencionado en el apartado 4.7.5.1(2) no deberán usarse como un sustituto de la protección de áreas abiertas.

4.7.5.2.2 Donde se requiera protección de las áreas abiertas, deberá aplicarse lo establecido en el apartado 4.7.3.

4.7.5.3 Propósitos

4.7.5.3.1 Para evitar la recirculación de cantidades peligrosas de humo, se deberá instalar un detector aprobado para uso en ductos de aire en el lado del suministro de los sistemas de manejo de aire, según lo requerido en NFPA 90A, Norma para la instalación de sistemas de aire acondicionado y ventilación, y en el apartado 4.7.5.4.2.1. Ver NORDOM 834 Eficiencia energética. Acondicionadores de aire. Especificaciones y etiqueta.

4.7.5.3.2 Si los detectores de humo se utilizan para iniciar selectivamente el funcionamiento de los equipos para controlar la propagación del humo, se deberán aplicar los requisitos del apartado 4.7.5.4.2.2.

4.7.5.3.3 Si los detectores se utilizan para iniciar el funcionamiento de las puertas cortahumo, se deberán aplicar los requisitos del apartado 4.7.5.6.

4.7.5.3.4 Si los detectores se utilizan para iniciar el funcionamiento de las compuertas cortahumo dentro de ductos, se deberán aplicar los requisitos del apartado 4.7.5.5.

4.7.5.4 Aplicación

4.7.5.4.1 Detectores de humo de área dentro de compartimientos de humo

Deberá permitirse que los detectores de humo de área dentro de compartimientos de humo se utilicen para controlar la propagación del humo, mediante la activación del funcionamiento de puertas, compuertas y otros equipos.

4.7.5.4.2 Detección de humo para el sistema de ductos de aire

4.7.5.4.2.1 Sistema de aire de suministro

4.7.5.4.2.1.1 Donde la detección de humo en el sistema de aire de suministro sea requerida por otras normas, se deberán instalar uno o más detectores listados para la velocidad del aire presente y que esté/n ubicado/s en el ducto de suministro de aire, aguas abajo tanto del ventilador como de los filtros.

4.7.5.4.2.1.2 No deberá requerirse la instalación de detectores de humo adicionales en ductos en los que el sistema de ductos de aire atraviesa otros compartimientos de humo a los que no brinda servicio el ducto.

4.7.5.4.2.2 Sistema de aire de retorno

Salvo modificaciones en el apartado 4.7.5.4.2.2(A) o 4.7.5.4.2.2(B), si la detección de humo en el sistema de aire de retorno es requerida por otras normas, uno o más detectores listados para la velocidad del aire presente se deberán colocar en el lugar en que el aire abandona cada compartimiento de humo o en el sistema de ductos antes de que el aire ingrese al sistema de aire de retorno común a más de un compartimiento de humo.

(A) No deberá requerirse la instalación de detectores de humo adicionales en ductos en los que el sistema de ductos de aire atraviesa otros compartimientos de humo a los que no brinda servicio el ducto.

(B) Donde se instale detección de humo de cobertura total de acuerdo con el apartado 4.5.3.1 en todas las áreas del compartimiento de humo que utilizan el sistema de aire de retorno, no deberá requerirse la instalación de detectores adicionales listados para la velocidad de aire presente donde el aire deja cada compartimiento de humo o en el sistema de ductos antes de que el aire ingrese en el sistema de aire de retorno, siempre que su función sea lograda por el diseño del sistema de detección de humo de cobertura total.

4.7.5.5 Ubicación e instalación de detectores en sistemas de ductos de aire

4.7.5.5.1 Los detectores deberán estar listados para el propósito para el cual están siendo utilizados.

4.7.5.5.2 Los detectores de ductos de aire deberán instalarse de manera que obtengan una muestra representativa de la corriente de aire. Deberá permitirse que dicha instalación se lleve a cabo mediante cualquiera de los siguientes métodos:

(1) Montaje rígido dentro del ducto.

(2) Montaje rígido a la pared del ducto con el elemento sensor penetrando hacia el interior del ducto.

(3) Instalación fuera del ducto con tubos de muestreo rígidamente montados penetrando hacia el interior del ducto.

(4) Instalación a través del ducto con haz de luz proyectado.

4.7.5.5.3 Los detectores deberán montarse de acuerdo con las instrucciones publicadas del fabricante y deberán ser accesibles para su limpieza mediante la inclusión de puertas de acceso o unidades de control, conforme a lo establecido en NFPA 90A.

4.7.5.5.4 La ubicación de todos los detectores en los sistemas de ductos de aire deberá estar permanente y claramente identificada y registrada.

4.7.5.5.5 Los detectores montados fuera de un ducto que utiliza tubos de muestreo para transportar humo desde dentro del conducto hasta el detector deberán diseñarse e instalarse de modo que se permita la verificación del flujo de aire desde el ducto hasta el detector.

4.7.5.5.6 Los detectores deberán estar listados para funcionar en el rango completo de velocidades de aire, temperatura y humedad previstas en el detector cuando el sistema de manejo de aire esté funcionando.

4.7.5.5.7 Todas las penetraciones de un conducto de aire de retorno en las proximidades de detectores instalados sobre o en un ducto de aire deberán estar selladas para evitar la entrada del aire del exterior y la posible dilución o redireccionamiento del humo dentro del ducto.

4.7.5.6 Detectores de humo para servicio de liberación de puertas

4.7.5.6.1 Deberán permitirse detectores de humo que sean parte de un sistema de protección de áreas abiertas que abarque la habitación, corredor o espacio cerrado a cada lado de la puerta cortahumo y que estén ubicados y espaciados según lo requerido en el apartado 4.7.3 para llevar a cabo el servicio de liberación de las puertas cortahumo.

4.7.5.6.2 Los detectores de humo que se utilicen exclusivamente para el servicio de liberación de puertas cortahumo deberán estar ubicados y espaciados según lo requerido en el apartado 4.7.5.6.

4.7.5.6.3 Donde la liberación de puertas cortahumo se lleve a cabo directamente desde el/los detector/es de humo, el/los detector/es deberán estar listados para el servicio de liberación.

4.7.5.6.4 Los detectores de humo deberán ser de tipo fotoeléctrico, ionización u otro tipo aprobado.

4.7.5.6.5 La cantidad de detectores requeridos deberá determinarse de acuerdo con lo establecido en los apartados 4.7.5.6.5.1 a 4.7.5.6.5.4.

4.7.5.6.5.1 Si las puertas van a cerrarse en respuesta al humo que fluye en cualquier dirección, se deberán aplicar los requisitos establecidos en los apartados 4.7.5.6.5.1(A) hasta 4.7.5.6.5.1(D).

(A) Si la profundidad de la sección de pared por encima de la puerta es de 610 mm (24 pulgadas) o menos, se deberá requerir un detector de humo montado sobre el cielorraso en uno de los lados del vano de la puerta solamente o deberán requerirse dos detectores montados sobre la pared, uno sobre cada lado del vano de la puerta. Se deberá aplicar la figura 1(A), parte A o B.

(B) Si la profundidad de la sección de pared por encima de la puerta es mayor a 610 mm (24 pulgadas) en un lado solamente, se deberá requerir un detector de humo montado sobre el cielorraso en el lado más elevado del vano de la puerta únicamente o deberá requerirse un detector montado sobre la pared en ambos lados del vano de la puerta. Se deberá aplicar la figura 1(A), parte D.

(C) Si la profundidad de la sección de pared por encima de la puerta es mayor a 610 mm (24 pulgadas) en ambos lados, se deberán requerir dos detectores montados sobre el cielorraso o montados en pared, uno a cada lado del vano de la puerta. Se deberá aplicar la figura 1(A), parte F.

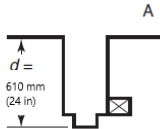
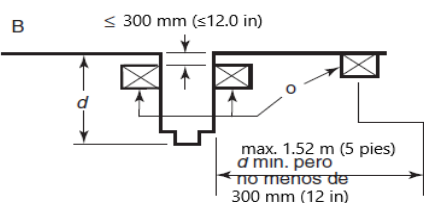
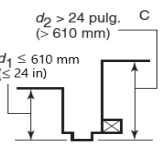
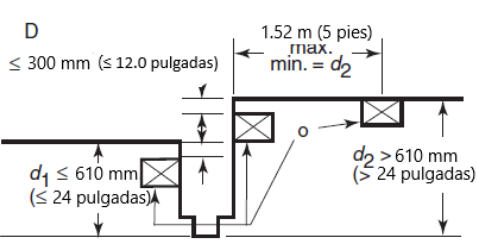
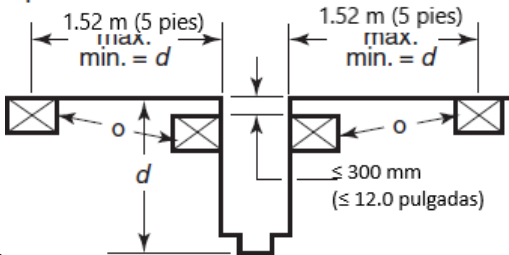
Profundidad de la sector de pared por encima de la puerta	Montado en marco de puerta	Montado en cielorraso o muro
d	Detector de humo listado para montaje en marcos o como parte del conjunto de montaje del cierrapuertas	Detector de humo montado en cielorraso o muro
0-610 mm (0-24 in)	 Detector o cierrapuertas del detector montado en cualquiera de los lados	 Detector montado en el cielorraso en cualquiera de los lados o un detector montado en un muro en cada uno de los lados
Más de 610 mm (24 in) en uno de los lados solamente	 Detector o cierrapuertas del detector montado en el lado más alto	 Detector montado en el cielorraso en el lado más alto o un detector montado en un muro, en cada uno de los lados
Más de 610 mm (24 in) en ambos lados	 Detector o cierrapuertas del detector montado en cualquiera de los lados	 Dos detectores requeridos
Más de 1.52 m (60 in)	G Podrían requerirse detectores adicionales	

Figura 1(A) — Requisitos de ubicación de los detectores para las secciones de pared

(D) Si un detector está específicamente listado para el montaje sobre el marco de la puerta o si se utiliza una combinación listada o un conjunto detector liberador de puertas integral, se deberá requerir sólo un detector si se lo instala de la forma recomendada por las instrucciones publicadas del fabricante. Se deberá aplicar la figura 1(A), partes A, C y E.

4.7.5.6.5.2 Si la liberación de puertas ha sido prevista con el fin de evitar la transmisión de humo desde un espacio a otro en una dirección únicamente, los detectores ubicados en el espacio en el que se confinará el humo, independientemente de la profundidad de la sección de pared por encima de la puerta, deberán cumplir con lo establecido en el apartado 4.7.5.6.6. De manera alternativa, deberá permitirse el uso de un detector de humo que cumpla con lo establecido en el apartado 4.7.5.6.5.1(D).

4.7.5.6.5.3 Si hubiera múltiples vanos de puertas, deberán requerirse detectores adicionales montados sobre el cielorraso, según lo especificado en los apartados 4.7.5.6.5.3(A) hasta 4.7.5.6.5.3(C).

(A) Si la separación entre los vanos de las puertas excede de 610 mm (24 pulgadas), cada uno de los vanos de las puertas deberá ser tratado de manera independiente. Se deberá aplicar la figura 2(A), parte E.

(B) Cada grupo de tres o más aberturas de vanos de puertas deberá ser tratado de manera independiente. Se deberá aplicar la figura 2(B).

(C) Cada grupo de aberturas de vanos de puertas que exceda de 6.1 m (20 pies) de ancho, medido de extremo a extremo, deberá ser tratado de manera independiente. Se deberá aplicar la figura 2(C).

4.7.5.6.5.4 Si hubiera múltiples vanos de puertas y detectores listados montados sobre los marcos de las puertas o si se utilizan una combinación listada o un conjunto detector liberador de puertas integral, deberá haber un detector para cada vano de puerta simple o doble.

4.7.5.6.6 La ubicación de los detectores deberá determinarse de acuerdo con lo establecido en los apartados 4.7.5.6.6.1 a 4.7.5.6.6.2.

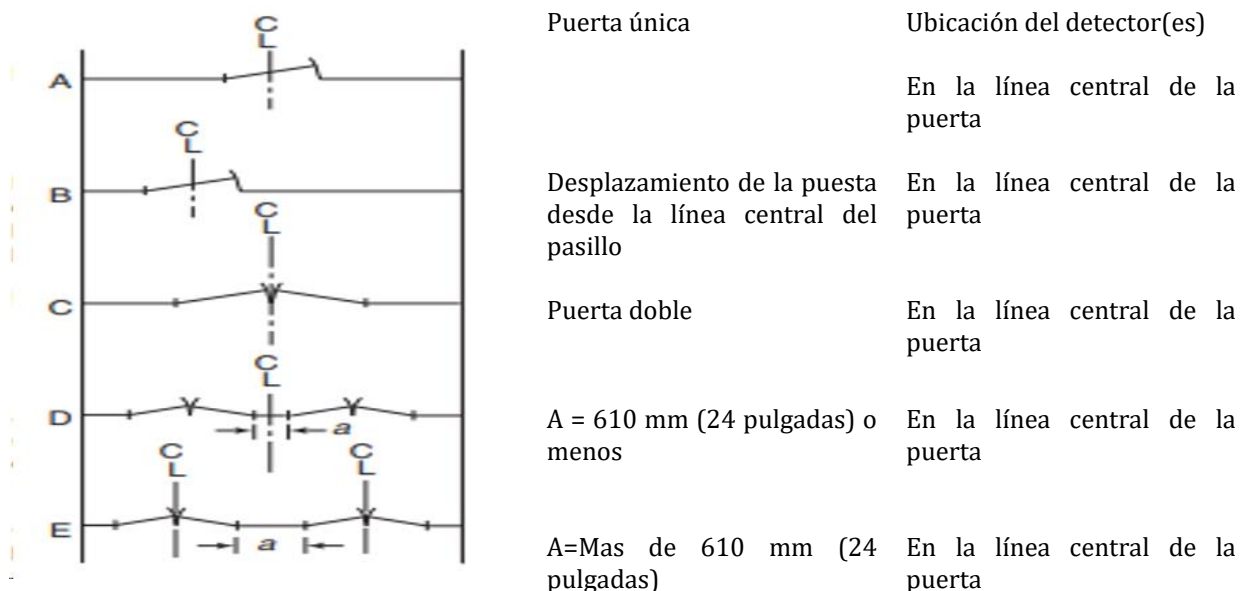
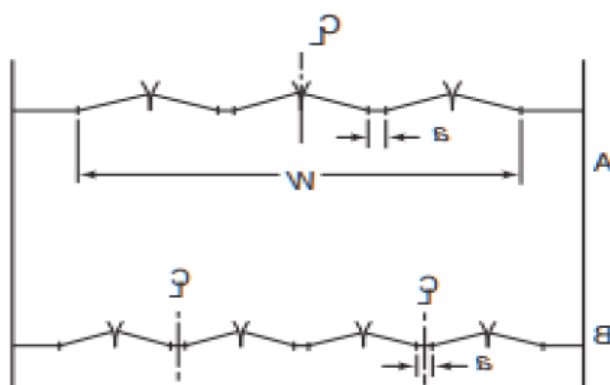


Figura 2(A) — Requisitos de ubicación de los detectores para puertas simples y dobles



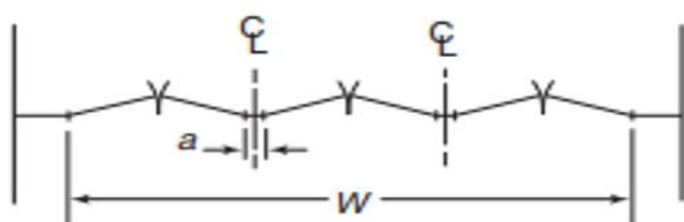
A = 610 mm (24 in.) o menos;
3 aberturas;
W = 6.1 m (20 pies)

Ubicación del detector(es)
En la línea central de la abertura central

A = 610 mm (24 in.) o menos;
Mas de 3 aberturas

Tratar como dos o más grupos

Figura 2(B) — Requisitos de ubicación a +/- 0.6 m (24 pulgadas) del/los detector/es para grupos de vanos de puertas



a = 610 mm (24 in.) o menos;
W = 6.1 m (20 pies)

Ubicación del detector(es)
Tratar como dos o más grupos

FIGURA 2(C) — Requisitos de ubicación a $\pm$ 610 mm (24 pulgadas) de los detectores para puertas de grupo de más de 6.1 m (20 pies) de ancho.

Tabla 3 — Espaciamiento de los detectores de humo según el movimiento del aire (no para aplicarse a espacios debajo de pisos ni encima de techos falsos)

Minutos por cambio de aire	Cambios de aire por hora	Espaciamiento por detector	
		m ²	pies ²
1	60	12	125
2	30	23	250
3	20	35	375
4	15	46	500
5	12	58	625
6	10	70	750
7	8.6	81	875
8	7.5	84	900
9	6.7	84	900
10	6	900	84

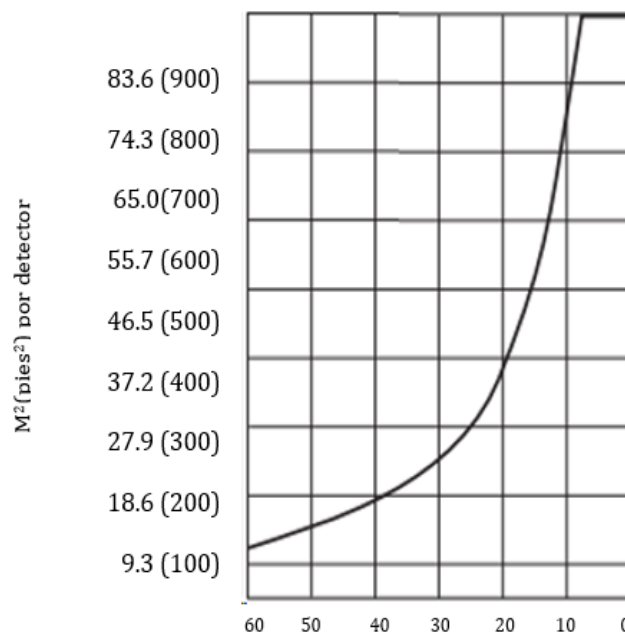


Figura 3 — Áreas con elevado movimiento de aire (No utilizar para espacios por debajo del piso ni por encima del techo falso)

4.7.6 Detección de humo por imagen de video

4.7.7.1 Los sistemas de detección de humo por imagen de video y todos los componentes de estos, incluyendo hardware y software deberán estar listados para el propósito de la detección de humo.

4.7.7.2 Los sistemas de detección de humo por imagen de video deberán cumplir con todos los requisitos aplicables de los capítulos 5 de la NORDOM 913, capítulo 4 de la NORDOM 919 y 14 de la NFPA 72.

4.7.7.2.1 Los sistemas deberán diseñarse de acuerdo con los requisitos de diseño basados en el desempeño del apartado 4.3.

4.7.7.2.2 La ubicación y el espaciamiento de los detectores de humo por imagen de video deberán cumplir con los requisitos del apartado 4.11.5.

4.7.7.3 Las señales de video generadas por cámaras que son componentes de los sistemas de detección de humo por imagen de video deberá poder transmitirse a otros sistemas para otros usos solamente a través de las conexiones de salida suministradas específicamente para tal fin por el fabricante del sistema de video.

8.7.7.4 Todos el software y controles de componentes deberán estar protegidos de los cambios no autorizados. Todos los cambios realizados a los ajustes de los componentes o software deberán probarse de acuerdo con el capítulo 14 de la NFPA 72.

4.8 Detectores de incendios con sensores de energía radiante

4.8.1 Generalidades

4.8.1.1 La documentación del diseño de la detección de energía radiante deberá establecer los objetivos de desempeño requeridos del sistema.

4.8.1.2 El propósito y alcance del apartado 4.8 deberá ser suministrar requisitos para la selección, ubicación y espaciamiento de los detectores de incendios que responden a la energía radiante generada por sustancias en combustión.

4.8.1.3 Estos detectores deberán clasificarse como detectores de llamas y detectores de chispas/brasas.

4.8.2 Características del incendio y selección del detector

4.8.2.1 El tipo y cantidad de los detectores de incendios con sensores de energía radiante deberán determinarse basándose en las características del desempeño del detector y en un análisis de riesgos, incluyendo las características de combustión del combustible, la tasa de crecimiento del incendio, el ambiente, las condiciones ambientales y las capacidades del equipo y de los medios de extinción.

4.8.2.2 La selección de los detectores con sensores de energía radiante deberán basarse en las siguientes consideraciones:

(1) La correspondencia entre la respuesta espectral del detector y las emisiones espectrales del incendio o incendios a detectar.

(2) Minimizar la posibilidad de falsas alarmas provenientes de fuentes que no son incendios inherentes al área de peligro.

4.8.3 Consideraciones del espaciamiento

4.8.3.1 Reglas generales

4.8.3.1.1 Los detectores de incendios con sensores de energía radiante deberán emplearse de manera consistente con el listado o aprobación y con la ley del cuadrado inverso, la cual define el tamaño del incendio contra la curva de distancia para el detector.

4.8.3.1.2 La cantidad de los detectores deberá basarse en los detectores ubicados de manera que ninguno de los puntos que requieren detección en el área de riesgo esté obstruido o fuera del campo visual de por lo menos un detector.

4.8.3.2 Consideraciones de espaciamiento para detectores de llama

4.8.3.2.1 La ubicación y espaciamiento de los detectores deberán ser el resultado de una evaluación basada en los criterios de la ingeniería que incluya lo siguiente:

(1) Tamaño del fuego a detectar.

(2) Combustible involucrado.

- (3) Sensibilidad del detector.
- (4) Campo visual del detector.
- (5) Distancia entre el incendio y el detector.
- (6) Absorción de la energía radiante de la atmósfera.
- (7) Presencia de fuentes ajenas de emisiones radiantes.
- (8) Propósito del sistema de detección.
- (9) Tiempo de respuesta requerido.

4.8.3.2.2 El diseño del sistema deberá especificar el tamaño del incendio con llamas de un combustible dado a detectar.

4.8.3.2.3 En aplicaciones en donde el incendio a detectar pudiera ocasionarse en un área fuera del eje óptico del detector, la distancia deberá reducirse o se deberán agregar detectores para compensar por el desplazamiento angular del incendio prestando conformidad con las instrucciones publicadas del fabricante.

4.8.3.2.4 En aplicaciones en donde el incendio a detectar es ocasionado por un combustible que difiere del combustible de prueba utilizado en el proceso de listado o aprobación, la distancia entre el detector y el incendio deberá ajustarse de acuerdo con la especificidad del combustible del detector según lo establecido por el fabricante.

4.8.3.2.5 Debido a que los detectores de llamas son dispositivos de línea de vista, su capacidad de respuesta requerida en el área del incendio de la zona que se deberá proteger no deberá verse comprometida por la presencia de miembros estructurales u otros objetos o materiales opacos interpuestos.

4.8.3.2.6 Se deberán tomar precauciones para mantener la claridad de las ventanas de los detectores en las aplicaciones en donde las partículas transportadas por el aire y aerosoles puedan cubrir la ventana del detector entre los intervalos de mantenimiento y afectar la sensibilidad.

4.8.3.3 Consideraciones sobre el espaciamiento para detectores de chispas/brasas

4.8.3.3.1 La ubicación y espaciamiento de los detectores deberán ser el resultado de una evaluación basada en los criterios de la ingeniería que incluya lo siguiente:

- (1) Tamaño de las chispas o brasas a detectar.
- (2) Combustible involucrado.
- (3) Sensibilidad del detector.
- (4) Campo visual del detector.
- (5) Distancia entre el fuego y el detector.

- (6) Absorción de la energía radiante de la atmósfera.
- (7) Presencia de fuentes ajenas de emisiones radiantes.
- (8) Propósito de los sistemas de detección.
- (9) Tiempo de respuesta requerido.

4.8.3.3.2 El diseño del sistema deberá especificar el tamaño de las chispas o brasas de un combustible dado a detectar por el sistema.

4.8.3.3.3 Los detectores de chispas se deberán ubicar de manera que todos los puntos dentro de la sección transversal de los ductos de transporte, transportadores o tolvas en los cuales se encuentran los detectores estén dentro del campo visual de por lo menos un detector.

4.8.3.3.4 La ubicación y espaciamiento de los detectores se deberán ajustar empleando la ley del cuadrado inverso, modificada por la absorción atmosférica y la absorción de un combustible que no está en combustión suspendido en el aire prestando conformidad con las instrucciones publicadas del fabricante.

4.8.3.3.5 En aplicaciones en donde las chispas a detectar pudieran ocurrir en un área fuera del eje óptico del detector, la distancia deberá reducirse o se deberán agregar detectores para compensar el desplazamiento angular del incendio prestando conformidad con las instrucciones publicadas del fabricante.

4.8.3.3.6 Se deberán tomar precauciones para mantener la claridad de las ventanas de los detectores en las aplicaciones en donde las partículas transportadas por el aire y aerosoles puedan cubrir la ventana del detector y afectar la sensibilidad.

4.8.4 Otras consideraciones

4.8.4.1 Los detectores con sensores de energía radiante deberán estar protegidos ya sea por el diseño o instalación para garantizar que su desempeño óptico no se vea comprometido.

4.8.4.2 De ser necesario, los detectores con sensores de energía radiante deberán estar protegidos mediante un escudo o dispuestos de alguna manera para impedir su acción por energía radiante no deseada.

4.8.4.3 Donde se utilicen en aplicaciones al aire libre, los detectores con sensores de energía radiante deberán estar protegidos mediante un escudo o dispuestos de alguna manera para impedir la disminución de la sensibilidad por condiciones tales como la lluvia o nieve pero que a la vez permitan un campo claro de visión del área en peligro.

4.8.4.4 Un detector de incendios con sensores de energía radiante no deberá instalarse en una ubicación en donde se conoce que las condiciones ambientales exceden los extremos para los cuales el detector ha sido certificado.

4.8.5 Detección de llamas por imagen de video

4.8.5.1 Los sistemas de detección de llamas por imagen de video y todos los componentes de estos, incluyendo hardware y software deberán estar listados para el propósito de la detección de llamas.

4.8.5.2 Los sistemas de detección de llamas por imagen de video deberán cumplir con todos los requisitos aplicables de los capítulos 5 de la NORDOM 913, capítulos 4 de la NORDOM 919 y 14 de la NFPA 72.

4.8.5.3 Las señales de video generadas por cámaras que son componentes de los sistemas de detección de llamas por imagen de video deberá poder transmitirse a otros sistemas para otros usos solamente a través de las conexiones de salida suministradas específicamente para tal fin por el fabricante del sistema de video.

4.8.5.4 Todos el software y controles de componentes deberán estar protegidos de los cambios no autorizados. Todos los cambios realizados a los ajustes de los componentes o software deberán probarse de acuerdo con el capítulo 14 de la NFPA 72.

4.9 Detectores combinados, de criterios múltiples y con múltiples sensores

4.9.1 Generalidades

El apartado 4.9 provee requisitos para la selección, ubicación y espaciamiento de los detectores combinados, de criterios múltiples y con múltiples sensores.

4.9.2 Detectores combinados

4.9.2.1 Un detector combinado deberá listarse para cada sensor.

4.9.2.2 Los listados de los dispositivos deberán determinar los criterios de ubicación y espaciamiento de acuerdo con el presente capítulo.

4.9.3 Detectores de criterios múltiples

4.9.3.1 Los detectores de criterios múltiples deberán listarse para la función primaria del dispositivo.

4.9.3.2 Debido a la solución accionada por software, específica del dispositivo de los detectores de criterios múltiples para reducir alarmas no deseadas y mejorar la respuesta del detector ante una fuente de incendios no específica, se deberá cumplir con los criterios de ubicación y espaciamiento incluidos con las instrucciones de instalación del detector.

4.9.4 Detectores con múltiples sensores

4.9.4.1 Un detector con múltiples sensores deberá listarse para cada sensor.

4.9.4.2 Debido a la solución accionada por software, específica del dispositivo de los detectores con múltiples sensores para reducir alarmas no deseadas y mejorar la respuesta del detector ante una fuente de incendios no específica, se deberá cumplir con los criterios de ubicación y espaciamiento incluidos con las instrucciones de instalación del detector.

4.10 Detección de gas

4.10.1 Generalidades

El propósito y alcance del apartado 4.10 deberán ser suministrar los requisitos para la selección, instalación y funcionamiento de los detectores de gas.

4.10.2 Características del gas y selección del detector

4.10.2.1 Los equipos de detección de gases deberán estar listados para el gas o vapor específico que tienen como fin detectar.

4.10.2.2 Todos los sistemas de detección de gases instalados sobre un sistema de alarma de incendio deberán cumplir con todos los requisitos aplicables de los capítulos 5 de la NORDOM 913, capítulos 4 de la NORDOM 919 y 14 de la NFPA 72.

4.10.2.3 Los requisitos de la presente norma no deberán aplicarse a los sistemas de detección de gases que se utilicen solamente para control de procesos.

4.10.2.4 La selección y colocación de los detectores de gases deberán basarse en una evaluación fundamentada en los criterios de la ingeniería.

4.11 Otros detectores de incendios

4.11.1 Los detectores que operan en base a principios diferentes de aquellos contemplados por los apartados 4.6 a 4.8 se deberán clasificar como “otros detectores de incendios”.

4.11.1.1 Dichos detectores deberán instalarse en todas las áreas en donde sean requeridos ya sea por otras normas o bien por la autoridad competente.

4.11.2 “Otros detectores de incendios” deberán operar cuando estén sujetos a la concentración anormal de los efectos de combustión que ocurren durante un incendio.

4.11.3 La disposición de la detección deberá basarse en el tamaño e intensidad del incendio para proporcionar la cantidad necesaria de productos requeridos y flotación, circulación o difusión térmica asociada para el funcionamiento.

4.11.4 Se deberán tener en cuenta el tamaño y forma de las habitaciones, los patrones de flujo de aire, las obstrucciones y otras características del riesgo protegido.

4.11.5 El espaciamiento y ubicación de los detectores deberán prestar conformidad con los apartados 4.11.5.1 a 4.11.5.3.

4.11.5.1 La ubicación y espaciamiento de los detectores deberán basarse en el principio de funcionamiento y en una encuesta basada en los criterios de la ingeniería de las condiciones anticipadas de servicio.

4.11.5.1.1 Se deberán consultar las instrucciones publicadas del fabricante acerca de los usos recomendados del detector y ubicaciones para el mismo.

4.11.5.2 Los detectores no deberán espaciarse más allá de sus valores máximos listados o aprobados.

4.11.5.2.1 Se deberán utilizar espaciamientos menores cuando las características estructurales u otras características del riesgo protegido lo requieran.

4.11.5.3 La ubicación y sensibilidad de los detectores deberán basarse en una evaluación documentada y fundamentada en los criterios de la ingeniería que incluya las instrucciones de instalación del fabricante y lo siguiente:

- (1) Características estructurales, tamaño y forma de las habitaciones y vanos.
- (2) Ocupación y usos del área.
- (3) Altura del techo.
- (4) Forma, superficie y obstrucciones del techo.
- (5) Ventilación.
- (6) Condiciones ambientales.
- (7) Características de combustión de los materiales combustibles presentes.
- (8) Configuración de los contenidos en el área a proteger.

4.12 Dispositivos iniciadores de alarma de flujo de agua en rociadores

4.12.1 Las disposiciones del apartado 4.12 deberán aplicarse en los dispositivos que inician una alarma indicando un flujo de agua en un sistema de rociadores.

4.12.2 La activación del dispositivo de inicio deberá producirse dentro de los 90 segundos una vez producido el flujo de agua en el dispositivo iniciador de alarma cuando se produce un flujo igual o mayor a aquel que corresponde a un único rociador con el menor tamaño de orificio instalado en el sistema.

4.12.3 Los movimientos de agua ocasionados por residuos, flujos pequeños o presiones variables no deberán iniciar una señal de alarma.

4.13 Detección del funcionamiento de otros sistemas de extinción automáticos

El funcionamiento de los sistemas de extinción o de otros sistemas de supresión de incendios deberá iniciar una señal de alarma mediante dispositivos iniciadores de alarmas instalados de acuerdo con sus certificados individuales.

4.14 Dispositivos iniciadores de alarma accionados manualmente

4.14.1 Deberán permitirse dispositivos iniciadores de alarma accionados manualmente para el inicio de señales que no sean de alarma de incendio si los dispositivos se distinguen de las estaciones manuales de alarma de incendio por medio de un color que no sea rojo y por el etiquetado.

4.14.2 Deberá permitirse la combinación de estaciones manuales de alarma de incendio y de estaciones de señalización de vigilancia.

4.14.3 Los dispositivos iniciadores de alarma accionados manualmente deberán estar montados de manera segura.

4.14.4 Los dispositivos iniciadores de alarma accionados manualmente deberán estar montados sobre un fondo de color contrastante.

4.14.5 La parte operativa de un dispositivo iniciador de alarma accionado manualmente no deberá ser menor de 1.07 m. (42 pulgadas) ni mayor de 1.22 m (48 pulgadas) desde el piso terminado.

4.14.6 Deberá permitirse que los dispositivos iniciadores de alarma accionados manualmente sean de acción única o de acción doble.

4.14.7 Deberá permitirse la instalación de cubiertas protectoras listadas sobre dispositivos iniciadores de alarma accionados manualmente, de acción única o doble.

4.14.8 Las estaciones manuales de alarma de incendio deberán cumplir con lo establecido en los apartados 4.14.8.1 a 4.14.8.6.

4.14.8.1 Las estaciones manuales de alarma de incendio deberán utilizarse solo con el propósito de activar alarmas de incendio.

4.14.8.2 Las estaciones manuales de alarma de incendio deberán instalarse de modo que sean claramente visibles, sin obstrucciones y accesibles.

4.14.8.3 Excepto que se instalen en un entorno que impida el uso de pintura roja o plástico rojo, las estaciones manuales de alarma de incendio deberán ser de color rojo.

4.14.8.4 Las estaciones manuales de alarma de incendio deberán estar ubicadas dentro de los 1.5 m (5 pies) de cada vano de puerta de salida de cada uno de los pisos.

4.14.8.5 Las estaciones manuales de alarma de incendio deberán ser provistas de modo que la distancia de recorrido hasta la estación manual de alarma de incendio más cercana no exceda de 61 m (200 pies), medida horizontalmente en el mismo piso.

4.14.8.6 Las estaciones manuales de alarma de incendio deberán estar montadas sobre ambos lados de las aberturas agrupadas de más de 12.2 m (40 pies) de ancho, y dentro de los 1.5 m (5 pies) de cada lado de la abertura agrupada.

4.15 Dispositivo de monitoreo electrónico de extintores de incendio

Un dispositivo de monitoreo electrónico de extintores de incendio deberá indicar aquellas condiciones de un extintor de incendio específicas requeridas por NORDOM 759 a una unidad de control de alarma de incendio u otra unidad de control.

4.16 Dispositivos iniciadores de señales de supervisión

4.16.1 Dispositivo de inicio de señales de supervisión de la válvula de control

4.16.1.1 Se deberán iniciar dos señales independientes y distintivas: una que indique que la válvula se ha movido con respecto a su posición inicial (anormalidad) y la otra que indique que la válvula ha regresado a su posición normal.

4.16.1.2 La señal indicadora de la anormalidad deberá iniciarse durante las primeras dos revoluciones del volante o durante un quinto de la distancia de recorrido del aparato de control de la válvula con respecto a su posición normal.

4.16.1.3 La señal indicadora de la anormalidad no se deberá restablecer en ninguna posición de la válvula excepto "normal".

4.16.1.4 Un dispositivo iniciador para supervisar la posición de una válvula de control no deberá interferir con el funcionamiento de la válvula, no deberá obstruir la visión de su indicador ni impedir el acceso para el mantenimiento de la misma.

4.16.2 Dispositivo de inicio de señales de supervisión de presión

4.16.2.1 Se deberán iniciar dos señales independientes y distintivas: una que indique que la presión requerida ha aumentado o disminuido (anormalidad) y la otra que indique que la presión ha regresado a su valor normal.

4.16.2.2 Los requisitos de los apartados 4.16.2.2.1 a 4.16.2.2.4 deberán aplicarse a los dispositivos iniciadores de señal de supervisión de presión.

4.16.2.2.1 Tanque de presión

(A) Un dispositivo iniciador de señales de supervisión de presión de tanque para un suministro limitado de agua a presión, tal como un tanque de presión, deberá indicar tanto las condiciones de presión alta como baja.

(B) La señal de anormalidad se deberá iniciar cuando la presión requerida aumente o disminuya 70 kPa (10 psi).

4.16.2.2.2 Sistema de rociador de tubería seco

(A) Un dispositivo iniciador de señales de supervisión de presión para un sistema de rociadores de tubería seca deberá indicar tanto las condiciones de presión alta como las de presión baja.

(B) La señal de anormalidad deberá iniciarse cuando la presión aumente o disminuya 70 kPa (10 psi).

4.16.2.2.3 Presión de vapor

(A) Un dispositivo iniciador de señales de supervisión de presión de vapor deberá indicar la condición de presión baja.

(B) La señal de anormalidad deberá iniciarse antes que la presión disminuya por debajo del 110 por ciento de la presión mínima de funcionamiento de los equipos provistos alimentados a vapor.

4.16.2.2.4 Otras fuentes

Deberá suministrarse un dispositivo iniciador para supervisar la presión de fuentes que no sean aquellas especificadas en los apartados 4.16.2.2.1 a 4.16.2.2.3, según lo requerido por la autoridad competente.

4.16.3 Dispositivo de inicio de señales de supervisión del nivel de agua

4.16.3.1 Se deberán iniciar dos señales independientes y distintivas: una que indique que el nivel de agua requerido ha disminuido o aumentado (anormalidad) y la otra que indique que ha regresado al nivel normal.

4.16.3.2 Un dispositivo iniciador de señales del tanque de presión deberá indicar tanto las condiciones de nivel de agua alto como bajo.

4.16.3.2.1 La señal de anormalidad se deberá iniciar cuando el nivel de agua caiga 76 mm (3 pulgadas) o se eleve 76 mm (3 pulgadas).

4.16.3.3 Un dispositivo iniciador de señales de supervisión diferente al de los tanques de presión deberá iniciar una señal de bajo nivel de agua cuando el nivel de agua caiga 300 mm (12 pulgadas).

4.16.4 Dispositivos iniciadores de señal de supervisión de temperatura del agua

4.16.4.1 Un dispositivo de supervisión de temperatura para un contenedor de almacenamiento de agua expuesto a condiciones de congelamiento deberá activar dos señales independientes y distintivas, según lo especificado en el apartado 4.16.4.2.

4.16.4.2 Una señal deberá indicar un descenso en la temperatura del agua a 4.4°C (40°F) y la otra deberá indicar su restauración a por encima de 4.4°C (40°F).

4.16.5 Dispositivos iniciadores de señal de supervisión de la temperatura ambiental

Un dispositivo supervisor de la temperatura ambiental deberá indicar un descenso de la temperatura ambiental a 4.4°C (40°F) y su restauración por encima de los 4.4°C (40°F).

5 Aparatos de notificación

5.1 Aplicación

5.1.1 Los requisitos de este capítulo deberán aplicarse cuando lo requiera la autoridad responsable del cumplimiento; normas vigentes; u otras secciones de la presente norma.

5.1.2 Los requisitos de este capítulo deberán abarcar la recepción de una señal de notificación y no el contenido de la información de la señal.

5.1.3 El desempeño, ubicación y montaje de los aparatos de notificación utilizados para iniciar o dirigir la evacuación o reubicación de los ocupantes, o para suministrar información a éstos o al personal, deberán cumplir con el presente capítulo.

5.1.4 El desempeño, ubicación y montaje de anunciadores, pantallas e impresoras que se utilicen para exhibir o registrar información para uso de los ocupantes, personal, personal de respuesta a emergencias o personal de la estación de supervisión deberán cumplir con este capítulo.

5.1.5 Los requisitos de este capítulo deberán aplicarse a áreas, espacios o funciones del sistema donde sea requerido por la autoridad responsable del cumplimiento; por normas vigentes; o por otras secciones de la presente norma en las que se exija el cumplimiento de lo establecido en este capítulo.

5.1.6 Deberán aplicarse los requisitos de los capítulos 5 de la NORDOM 913 , capítulos 4 y 5 de la NORDOM 919 y 14 de la NFPA 72 a la interconexión de los aparatos de notificación, las configuraciones de control, las fuentes de energía y el uso de la información suministrada por los aparatos de notificación.

5.1.7 Deberá permitirse el uso de aparatos de notificación dentro de edificios o en espacios exteriores y cuyo objetivo sea el edificio, área o espacio en general, o únicamente sectores específicos de un edificio, área o espacio designados en zonas o subzonas específicas.

5.2 Propósito

Los aparatos de notificación deberán proveer los estímulos para iniciar las acciones de emergencia y suministrar información a usuarios, personal de respuesta a emergencias y ocupantes.

5.3 Generalidades

5.3.1 Listado

Todos los aparatos de notificación instalados conforme a lo establecido en este capítulo deberán estar listados para el propósito para el cual se utilizan.

5.3.2 Placas de identificación

5.3.2.1 Los aparatos de notificación deberán incluir en sus placas de identificación una referencia a los requisitos eléctricos y al desempeño audible o visible certificado, o ambos, según lo definido por la autoridad de listado.

5.3.2.2 Los aparatos audibles deberán incluir en sus placas de identificación una referencia a sus parámetros o una referencia a los documentos de instalación (suministrados junto con el aparato) que incluyan los parámetros conforme a lo establecido en el apartado 5.4.3 o 5.4.4.

5.3.2.3 Los aparatos visibles deberán incluir en sus placas de identificación una referencia a sus parámetros o una referencia a los documentos de instalación (suministrados junto con el aparato) que incluyan los parámetros conforme a lo establecido en el apartado 5.5.3.1 o en la apartado 5.6.

5.3.3 Construcción física

5.3.3.1 Los aparatos previstos para ser utilizados en ambientes especiales, tales como al aire libre vs. interiores, a altas o bajas temperaturas, con humedad alta, en condiciones con presencia de polvo y en ubicaciones peligrosas, o donde estén sujetos a manipulaciones indebidas, deberán estar listados para la aplicación prevista.

5.3.3.2 Los aparatos de notificación utilizados para emitir señales que no sean de incendio no deberán contener la palabra “incendio”, ni ningún símbolo de incendio, de ningún formato (es decir, estampado,

impreso, etc.) sobre el aparato visible para el público. Deberá permitirse que los aparatos de notificación con múltiples elementos visibles tengan marcas de simbolización de incendio únicamente sobre aquellos elementos visibles utilizados para señalización de incendios.

5.3.4 Protección mecánica

5.3.4.1 Los aparatos sujetos a daños mecánicos deberán estar protegidos de manera adecuada.

5.3.4.2 Si se emplean protecciones, cubiertas o lentes, estos deberán estar listados para ser usados con el aparato.

5.3.4.3 El efecto de las protecciones, cubiertas o lentes sobre el desempeño de campo de los aparatos deberá cumplir con los requisitos de listado.

5.3.5 Montaje

5.3.5.1 Los aparatos deberán estar sostenidos independientemente de su fijación a los conductores del circuito.

5.3.5.2 Los aparatos deberán montarse de acuerdo con las instrucciones publicadas del fabricante.

5.3.6 Conexiones

Se deberán proveer terminales, cables o comunicaciones direccionables que permitan el monitoreo de la integridad de las conexiones del aparato de notificación.

5.4 Características audibles

5.4.1 Requisitos generales

5.4.1.1 Un nivel sonoro ambiental promedio superior a 105 dBA deberá requerir el uso de uno o más aparatos de notificación visible de acuerdo con la sección 5.5 donde la aplicación sea de modo público o con lo establecido en el apartado 5.6 cuando la aplicación sea de modo privado.

5.4.1.2 El nivel de presión sonora total producido por la combinación del nivel de presión sonora ambiental con todos los aparatos de notificación audible en funcionamiento no deberá exceder de 110 dBA a la distancia auditiva mínima.

5.4.1.3 El sonido proveniente de fuentes normales o permanentes, de una duración superior a 60 segundos deberá estar incluido cuando se mida el nivel sonoro ambiental máximo. No deberá requerirse que el sonido proveniente de fuentes temporarias o anormales sea incluido cuando se mida el nivel sonoro ambiental máximo.

5.4.1.4 Los tonos audibles de las señales de alerta y evacuación deberán cumplir con los requisitos del apartado 5.4.3 (Requisitos para señales audibles en modo público), del apartado 5.4.4 (Requisitos para señales audibles en modo privado), del apartado 5.4.5 (Requisitos para áreas para dormir) o del apartado 5.4.6 (Señalización de tono por banda angosta para umbrales enmascarados excesivos), según sea aplicable. Este requisito deberá incluir a los tonos audibles que preceden o siguen a los mensajes por voz.

5.4.1.4.1 El diseñador del sistema de notificación audible deberá identificar las salas y espacios que contarán con notificación audible y aquellos en los que no se proveerá notificación audible.

5.4.1.4.2 A menos que sea requerido de otro modo en otras secciones de la presente norma, el área de cobertura de notificación audible a los ocupantes deberá cumplir con lo requerido en otras normas aplicables. Donde otras leyes, códigos o normas aplicables requieran la notificación audible a los ocupantes para la totalidad o parte de un área o espacio, la cobertura deberá ser solamente aquella requerida en áreas que puedan ser ocupadas, según lo definido en el apartado 3.11.8.

5.4.1.4.3 Los niveles de presión sonora que deben ser producidos por los aparatos audibles en las áreas de cobertura para cumplir con los requisitos de la presente norma deberán ser documentados por el diseñador del sistema durante la planificación y el diseño del sistema de notificación. El mayor nivel de presión sonora previsto en el ambiente o el nivel de presión sonora máximo previsto con una duración de al menos sesenta segundos también deberá ser documentado para el área de cobertura por el diseñador del sistema, a fin de garantizar el cumplimiento con los apartados 5.4.3, 5.4.4, 5.4.5 o 5.4.6 para el área de cobertura.

5.4.1.4.4 Los niveles de presión sonora de diseño que van a ser producidos por los aparatos de notificación para las diversas áreas de cobertura deberán ser documentados para su aplicación durante las pruebas de aceptación del sistema.

5.4.1.4.5 Donde sea requerido por la autoridad competente, deberá presentarse la documentación de los niveles de presión sonora de diseño para las diversas áreas de cobertura, para su revisión y aprobación.

5.4.1.5 No deberá requerirse que los mensajes de voz cumplan con los requisitos de audibilidad de 5.4.3 (Requisitos para señales audibles en modo público), 5.4.4 (Requisitos para señales audibles en modo privado), 5.4.5 (Requisitos para áreas para dormir) o 5.4.6 (Señalización de tono por banda angosta para umbrales enmascarados excesivos), aunque sí deberán cumplir con los requisitos de inteligibilidad de 5.4.10 donde se requiera la inteligibilidad de la voz.

5.4.1.6 No deberá requerirse que los aparatos de notificación audible que se utilicen para señalar la salida cumplan con los requisitos de audibilidad de 5.4.3 (Requisitos para señales audibles en modo público), 5.4.4 (Requisitos para señales audibles en modo privado), 5.4.5 (Requisitos para áreas para dormir) o 5.4.6 (Señalización de tono por banda angosta para umbrales enmascarados excesivos), excepto según lo requerido en apartado 5.4.7 (Requisitos para aparatos audibles de señalización de salida).

5.4.2 Señal distintiva de evacuación

5.4.2.1 Con el fin de cumplir con los requisitos del apartado 5.10 de la NORDOM 913, el patrón de señales audibles de alarma utilizado para notificar a los ocupantes de un edificio sobre la necesidad de evacuación (salir del edificio) o reubicarse (desde un área hacia otra) deberá ser la señal normalizada de alarma de evacuación que consiste en un patrón temporal de tres pulsos. El patrón debe cumplir con lo especificado en la figura 4 y deberá constar de lo siguiente, en este orden:

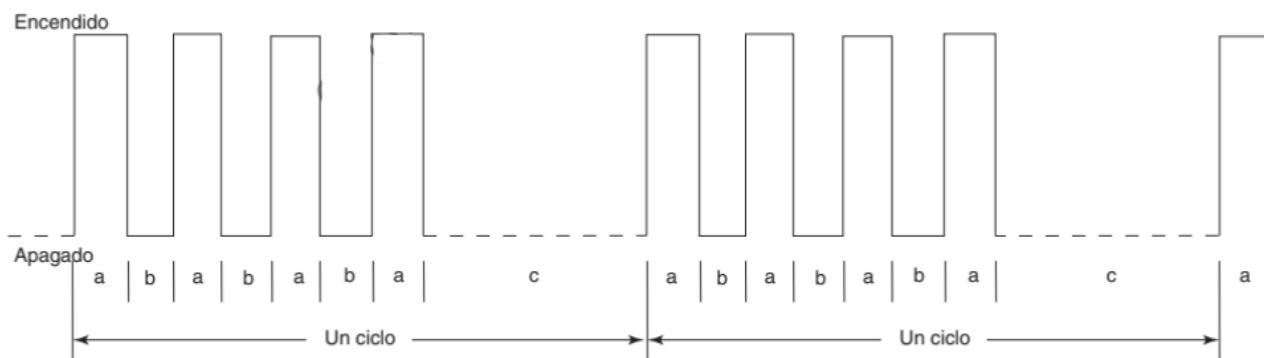
(1) Una fase de “encendido” que dura 0.5 segundos $\pm$ 10 por ciento.

(2) Una fase de “apagado” que dura 0.5 segundos $\pm$ 10 por ciento para tres períodos de “encendido” sucesivos.

(3) Una fase de “apagado” que dura 1.5 segundos ± 10 por ciento.

Excepción: Donde esté aprobado por la autoridad competente, deberá permitirse continuar con el uso del esquema de señalización de evacuación compatible existente.

5.4.2.2 Deberá permitirse que una campana o timbre de pulsación única suene en los intervalos de “encendido” que duren 1 segundo ± 10 por ciento, con un intervalo de “apagado” de 2 segundos ± 10 por ciento después de cada tercera pulsación en fase de “encendido”.



Referencias:

Fase (a) señal encendida por 0.5 s $\pm 10\%$

Fase (b) señal apagada por 0.5 s $\pm 10\%$

Fase (c) señal apagada por 1.5 s $\pm 10\%$ [(c) = (a) + 2(b)]

El ciclo total dura 4 s $\pm 10\%$

Figura 4 — Parámetros del patrón temporal

5.4.2.3 La señal deberá repetirse durante un período adecuado a los fines de evacuación del edificio, aunque no durante menos de 180 segundos.

5.4.2.3.1 Deberá permitirse que el tiempo mínimo de repetición sea manualmente interrumpido.

5.4.2.3.2 Deberá permitirse que el tiempo mínimo de repetición sea automáticamente interrumpido para la transmisión de mensajes de notificación masiva de acuerdo con el capítulo 5 de la NORDOM 919.

5.4.2.4 La señal normalizada de evacuación deberá estar sincronizada dentro de una zona de notificación.

5.4.3 Requisitos para señales audibles en modo público

5.4.3.1 A fin de garantizar que las señales audibles en modo público se escuchen con claridad, excepto cuando estuviera permitido de otra manera en los apartados 5.4.3.2 a 5.4.3.5, deberán tener un nivel sonoro de al menos 15 dB sobre el nivel sonoro ambiental promedio o de 5 dB sobre el nivel sonoro máximo con una duración de al menos 60 segundos, el que fuera mayor, medido a 1.5 m (5 pies) por encima del piso en el área requerida en la que el sistema va a brindar el servicio aplicando la escala de ponderación A (dBA).

5.4.3.2 Donde esté aprobado por la autoridad competente u otras normas vigentes, deberá permitirse que los requisitos para señalización audible se reduzcan o eliminen cuando se provea señalización visible conforme a lo establecido en el apartado 5.5.

5.4.3.3 Deberá permitirse que los aparatos de notificación de alarma audible instalados en las cabinas de ascensores utilicen los criterios de audibilidad para aparatos en modo privado que se detallan en el apartado 5.4.4.1.

5.4.3.4 Si estuviera aprobado por la autoridad competente, deberá permitirse que los aparatos de notificación de alarma audible instalados en baños utilicen los criterios de audibilidad para aparatos en modo privado que se detallan en el apartado 5.4.4.1.

5.4.3.5 Un sistema de señalización dispuesto para suprimir o reducir el ruido ambiente deberá cumplir con lo establecido en el apartado 5.4.3.5.1 a 5.4.3.5.3.

5.4.3.5.1 Un sistema de señalización dispuesto para suprimir o reducir el ruido ambiente deberá producir un nivel sonoro de al menos 15 dB sobre el nivel sonoro ambiental promedio reducido o de 5 dB sobre el nivel sonoro máximo con una duración de al menos 60 segundos después de la reducción del nivel de ruido ambiental, el que fuera mayor, medido a 1.5 m (5 pies) por encima del piso en el área requerida en la que el sistema va a brindar el servicio aplicando la escala de ponderación A (dBA).

5.4.3.5.2 Los aparatos de notificación visible deberán instalarse en las áreas afectadas, de acuerdo con lo establecido en los apartados 5.5 o 5.6.

5.4.3.5.3 Los relés, circuitos o interfaces necesarios para suprimir o reducir el ruido ambiente deberán cumplir con los requisitos de los capítulos 5 y 6 de la NORDOM 913, capítulo 4 de la NORDOM 919 y el capítulo 9 de la presente norma.

5.4.4 Requisitos para señales audibles en modo privado

5.4.4.1 A fin de garantizar que las señales audibles en modo privado se escuchen con claridad deben tener un nivel sonoro de al menos 10 dB sobre el nivel sonoro ambiental promedio o de 5 dB sobre el nivel sonoro máximo con una duración de al menos 60 segundos, el que fuera mayor, medido a 1.5 m (5 pies) por encima del piso en el área requerida en la que el sistema va a brindar el servicio aplicando la escala de ponderación A (dBA).

5.4.4.2 Donde esté aprobado por la autoridad competente u otras normas vigentes, deberá permitirse que los requisitos para señalización audible se reduzcan o eliminen cuando se provea señalización visible de acuerdo con la sección 5.5.

5.4.4.3 Un sistema dispuesto para suprimir o reducir el ruido ambiente debe cumplir con lo establecido en los apartados 5.4.4.3.1 a 5.4.4.3.3.

5.4.4.3.1 Deberá permitirse que un sistema dispuesto para suprimir o reducir el ruido ambiente produzca un nivel sonoro de al menos 10 dB sobre el nivel sonoro ambiental promedio reducido o de 5 dB sobre el nivel sonoro máximo con una duración de al menos 60 segundos después de la reducción del nivel de ruido ambiental, el que fuera mayor, medido a 1.5 m (5 pies) por encima del piso, aplicando la escala de ponderación A (dBA).

5.4.4.3.2 Los aparatos de notificación visible deben instalarse en las áreas afectadas, de acuerdo con lo establecido en las secciones 5.5 o 5.6.

5.4.4.3.3 Los relés, circuitos o interfaces necesarios para suprimir o reducir el ruido ambiente deberán cumplir con los requisitos de los capítulos 5 y 6 de la NORDOM 913, capítulo 4 de la NORDOM 919 y el capítulo 9 de la presente norma.

5.4.5 Requisitos para áreas para dormir

5.4.5.1 Donde los aparatos audibles se instalen para emitir señales para áreas para dormir, deberán tener un nivel sonoro de al menos 15 dB sobre el nivel sonoro ambiental promedio o de 5 dB sobre el nivel sonoro máximo con una duración de al menos 60 segundos o un nivel sonoro de al menos 75 dBA, el que fuera mayor, medido al nivel de la almohada en el área requerida en la que el sistema va a brindar el servicio aplicando la escala de ponderación A (dBA).

5.4.5.2 Si alguna barrera, como una puerta, cortina o tabique retráctil, se coloca entre el aparato de notificación y la almohada, el nivel de presión sonora deberá medirse con la barrera colocada entre el aparato y la almohada.

5.4.5.3 Los aparatos audibles provistos en las áreas para dormir para despertar a los ocupantes deberán emitir una señal de alarma de baja frecuencia que cumpla con lo siguiente:

- (1) La señal de alarma deberá ser una onda cuadrada o tener una capacidad para despertar equivalente.
- (2) La forma de onda deberá tener una frecuencia fundamental de 520 Hz $\pm$ 10 por ciento.
- (3) El equipo de notificación deberá estar listado para producir la forma de onda de baja frecuencia.

5.4.6 Señalización de tono por banda angosta para umbrales enmascarados excesivos

5.4.6.1 Tolerancia del umbral enmascarado

Deberá permitirse que la señalización por tonos audibles cumpla con los requisitos para umbrales enmascarados establecidos en esta subsección, en lugar de con los requisitos para señalización con ponderación A de los apartados 5.4.3 y 5.4.4.

5.4.6.2 Método de cálculo

El umbral enmascarado efectivo deberá calcularse conforme a lo establecido en la norma ISO 7731, Señales de peligro para lugares de trabajo — Señales acústicas de peligro.

5.4.6.3 Datos sobre el ruido

Los datos sobre el ruido para el cálculo del umbral enmascarado efectivo deberán ser el valor pico del ruido que dure 60 segundos o más para cada banda de octava o de tercio de octava.

5.4.6.4 Documentación

La documentación del análisis y diseño deberá ser presentada a la autoridad competente y deberá contener la siguiente información:

- (1) Datos de frecuencia para el ruido ambiente, incluida la fecha, hora y ubicación en que las mediciones fueron tomadas para los entornos existentes o los datos proyectados para entornos aún no construidos.

(2) Datos de frecuencia del aparato de notificación audible.

(3) Cálculos del umbral enmascarado efectivo para cada conjunto de datos sobre el ruido.

(4) Declaración del nivel de presión sonora que podría requerirse en el apartado 5.4.3 o 5.4.4 si la señalización del umbral enmascarado no se hubiera efectuado.

5.4.6.5 Nivel de presión sonora

9.4.6.5.1 Para la señalización del umbral enmascarado, el tono de la señal audible deberá cumplir con los requisitos ya sea del apartado 5.4.6.5.1 o del apartado 5.4.6.5.2, aunque no para la reproducción de mensajes pregrabados, sintetizados o en vivo.

5.4.6.5.2 El nivel de presión sonora de la señal de tono audible deberá exceder el umbral enmascarado en una o más bandas de octava por al menos 10 dB en la banda de octava que se esté considerando.

5.4.6.5.3 El nivel de presión sonora de la señal de tono audible deberá exceder el umbral enmascarado en una o más bandas de tercio de octava por al menos 13 dB en la banda de tercio de octava que se esté considerando.

5.4.7 Requisitos de los aparatos de notificación audible indicadores de salida

5.4.7.1 Los aparatos de notificación audible indicadores de salida deberán cumplir o superar las configuraciones y directrices de frecuencia y de nivel sonoro especificados en las instrucciones documentadas del fabricante.

5.4.7.2 Además de lo establecido en el apartado 5.4.7.1, como mínimo, a fin de garantizar que las señales de los aparatos de notificación audible indicadores de salida sean claramente escuchadas y generen los efectos direccionales deseados para un área de 15.24 m (50 pies) dentro de un recorrido de egreso sin obstrucciones, deberán cumplir con los requisitos de audibilidad del apartado 5.4.6 en al menos una banda de tercio de octava o de una banda de octava dentro de los rangos de frecuencia efectiva de las señales de localización de la diferencia interaural de tiempo (interaural time difference o ITD), la diferencia interaural de nivel o de intensidad (interaural level or intensity difference o ILD o IID) y la función de transferencia anatómica o la función de transferencia relacionada con la cabeza (anatomical transfer function o ATF o head-related transfer function o HRTF). La señal deberá atravesar tanto el ruido ambiente como la señal de alarma de incendio.

5.4.7.3 Donde sea requerido por la autoridad responsable del cumplimiento; por normas vigentes o por otras secciones de la presente norma, los aparatos de notificación audible indicadores de salida deberán instalarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

5.4.7.4 Donde sea requerido por la autoridad responsable del cumplimiento; por normas vigentes; o por otras secciones de la presente norma, la notificación audible de señalización de salida deberá estar situada en la entrada hacia todas las salidas y áreas de refugio del edificio, según lo definido por la autoridad competente.

5.4.7.5 Donde se utilicen aparatos de notificación audible indicadores de salida para señalar las áreas de refugio, deberán emitir una señal audible distinta de aquella que se use para otras salidas que no tengan áreas de refugio.

5.4.8 Ubicación de los aparatos de notificación audible para un edificio o estructura

5.4.8.1 Si la altura del cielorraso lo permite y a menos que fuera permitido de otra manera en los apartados 5.4.8.2 a 5.4.8.5, los aparatos montados en paredes deberán tener sus partes superiores por encima de los pisos acabados, a alturas de no menos de 2.29 m (90 in.) y debajo de los cielorrasos acabados a distancias no inferiores a 150 mm (6 in.).

5.4.8.2 Deberán permitirse aparatos montados sobre cielorrasos o embutidos.

5.4.8.3 Si se instalan aparatos audibles/visibles combinados, la ubicación del aparato instalado deberá determinarse según los requisitos del apartado 5.5.5.

5.4.8.4 Los aparatos que sean parte integral de un detector de humo, alarma de humo u otro dispositivo iniciador deberán ser ubicados de acuerdo con lo establecido en los requisitos para dicho dispositivo.

5.4.8.5 Deberán permitirse alturas de montaje que no sean aquellas requeridas en los apartados 5.4.8.1 y 5.4.8.2, siempre que se cumplan los requisitos de nivel de presión sonora para el modo público o del apartado 5.4.4 para el modo privado, o del apartado 5.4.5 para áreas para dormir, en función de la aplicación.

5.4.9 Ubicación de los aparatos de notificación audible para señalización de área amplia

Los aparatos de notificación audible para la señalización de área amplia deberán instalarse de acuerdo con los requisitos de la autoridad competente, los documentos de diseño aprobados y las instrucciones de instalación del fabricante para lograr el desempeño requerido.

5.4.10 Inteligibilidad de la voz

5.4.10.1 Dentro de los espacios acústicamente distinguibles (ADS) en los que se requiera la inteligibilidad de la voz, los sistemas de comunicaciones por voz deberán reproducir mensajes pregrabados, sintetizados o en vivo (ej., por micrófono, aparatos de teléfono y radio) con voz inteligible.

5.4.10.1.1 Los ADS deberán ser determinados por el diseñador del sistema durante la planificación y diseño de todos los sistemas de comunicaciones de emergencia.

5.4.10.2 Cada ADS deberá identificarse de acuerdo con si requiere o no inteligibilidad de la voz.

5.4.10.2.1 Excepto cuando sea específicamente requerido en otras normas aplicables, o en otros párrafos del presente norma, no deberá requerirse la inteligibilidad en todos los ADS.

5.4.10.3 Donde sea requerido por la autoridad responsable del cumplimiento; normas aplicables, o en otros párrafos de la presente norma, deberán presentarse las asignaciones de ADS para su revisión y aprobación.

5.4.10.4 No deberá requerirse que la inteligibilidad sea determinada a través de medidas cuantitativas.

5.4.10.5 Deberán permitirse medidas cuantitativas según se describe en el apartado D.2.4 de la NFPA 72, aunque no son requeridas.

5.5 Características visibles — Modo público

5.5.1 Señalización visible

5.5.1.1 La señalización visible en modo público deberá cumplir con los requisitos del apartado 5.5 cuando se utilicen aparatos de notificación visible.

5.5.1.2 El área de cobertura para la notificación visible a los ocupantes deberá ser aquella requerida en otras normas aplicables. Donde otras normas aplicables requieran la notificación visible a los ocupantes para la totalidad o parte de un área o espacio, la cobertura deberá ser solamente aquella requerida en áreas que puedan ser ocupadas, según lo definido en el apartado 3.11.8 de la NORDON 901.

5.5.2 Área de cobertura

5.5.2.1 El diseñador del sistema de notificación visible deberá documentar las salas y espacios que contarán con notificación visible y aquellos en los que no se proveerá notificación visible.

5.5.2.2 Excepto cuando sea requerido o especificado de otro modo en otras secciones de la presente norma, el área de cobertura requerida para la notificación visible a los ocupantes deberá cumplir con lo requerido en otras leyes, códigos o normas aplicables.

5.5.2.3 Donde sea requerido por la autoridad competente, deberá presentarse la documentación de la intensidad efectiva (en CD) de los aparatos de notificación visible para el área de cobertura, para su revisión y aprobación.

5.5.3 Características de luz, color y pulso

5.5.3.1 La tasa de destello no deberá exceder de dos destellos por segundo (2 Hz) ni ser inferior a un destello por cada segundo (1 Hz) en todo el rango del voltaje listado del aparato

5.5.3.2 La duración máxima de los pulsos de luz deberá ser de 20 milisegundos con un ciclo de trabajo máximo del 40 por ciento.

Excepción: Deberá permitirse que las luces que se utilicen para cumplir con los requisitos de 5.5.5.5 estén listadas y etiquetadas para duraciones de pulsos de hasta 100 milisegundos.

5.5.3.3 La duración del pulso deberá definirse como el intervalo de tiempo entre los puntos inicial y final del 10 por ciento de la señal máxima.

5.5.3.4 Las luces utilizadas para la señalización de alarma de incendio únicamente o para señalar la intención de una evacuación completa deberán ser transparentes o de color blanco nominal y no deberán exceder de 1000 cd (intensidad efectiva).

5.5.3.5 Las luces utilizadas para señalar a los ocupantes que busquen información o instrucciones deberán ser transparentes, de color blanco nominal o de otro color según lo requerido por el plan de emergencias y por la autoridad competente para el área o edificio.

5.5.3.6 Los requisitos del presente capítulo sobre sincronización estroboscópica no deberán aplicarse cuando los aparatos de notificación visible ubicados en el interior del edificio se vean desde afuera del edificio.

5.5.4 Fotometría de los aparatos

La salida lumínica deberá cumplir con los requisitos de la dispersión polar establecidos en ANSI/UL 1971, Standard for Signaling Devices for the Hearing Impaired, o en normas equivalentes.

5.5.5 Ubicación de los aparatos

5.5.5.1 Los aparatos montados en paredes deberán ubicarse de manera que la totalidad del lente no esté por debajo de 2.03 m (80 in.) ni por encima de 2.44 m (96 in.) del piso acabado o a la altura de montaje especificada aplicando la alternativa basada en el desempeño descrita en el apartado 5.5.5.6.

5.5.5.2 Donde las bajas alturas de los cielorrasos no permitan el montaje sobre pared a un mínimo de 2.03 m (80 in.), los aparatos visibles montados sobre pared deberán ser montados a 150 mm (6 in.) o menos del cielorraso. El tamaño de la sala cubierta por una luz estroboscópica de un determinado valor deberá reducirse al doble de la diferencia entre la altura de montaje mínima de 2.03 m. (80 in.) y la altura de montaje más baja real.

5.5.5.3 Deberá permitirse que los aparatos de notificación visible listados para un montaje paralelo al piso sean ubicados sobre el cielorraso o suspendidos debajo del cielorraso.

5.5.5.4 Espaciamiento en salas

5.5.5.4.1 El espaciamiento deberá cumplir con lo especificado en la tabla 5(a) y en la figura 5 o en la tabla 5(b).

5.5.5.4.2 Los aparatos de notificación visible deben instalarse de acuerdo con la tabla 5(a) o en la tabla 5(b), mediante el uso de uno de los siguientes:

(1) Un único aparato de notificación visible.

(2) Dos grupos de aparatos de notificación visible, cuando los aparatos visuales de cada grupo estén sincronizados, en la misma sala o espacio adyacente dentro del campo visual. Ello deberá incluir la sincronización de las luces estroboscópicas que son puestas en funcionamiento por sistemas separados.

(3) Más de dos aparatos de notificación visible o grupos de aparatos sincronizados en la misma sala o espacio adyacente dentro del campo visual que destellan en forma sincronizada.

Tabla 4(a) — Espaciamiento en salas para aparatos de notificación visible montados sobre paredes

		Salida lumínica mínima requerida [intensidad efectiva (en CD)]	
Tamaño máximo de la sala		Una luz por sala	Cuatro luces por sala (una luz por pared)
En pies	En m		
20 × 20	6.10 × 6.10	15	NA
28 × 28	8.53 × 8.53	30	NA
30 × 30	9.14 × 9.14	34	NA
40 × 40	12.2 × 12.2	60	15
45 × 45	13.7 × 13.7	75	19
50 × 50	15.2 × 15.2	94	30
54 × 54	16.5 × 16.5	110	30
55 × 55	16.8 × 16.8	115	30
60 × 60	18.3 × 18.3	135	30
63 × 63	19.2 × 19.2	150	37
68 × 68	20.7 × 20.7	177	43
70 × 70	21.3 × 21.3	184	60
80 × 80	24.4 × 24.4	240	60
90 × 90	27.4 × 27.4	304	95
100 × 100	30.5 × 30.5	375	95
110 × 110	33.5 × 33.5	455	135
120 × 120	36.6 × 36.6	540	135
130 × 130	39.6 × 39.6	635	185
NA: No aceptable			

Tabla 4(b) — Espaciamiento en salas para aparatos visibles montados sobre cielorraso

Tamaño máximo de la sala		Altura máxima del lente*		Salida lumínica mínima requerida (intensidad efectiva); una luz (cd)
En pies	En m	En pies	En m	
20 × 20	6.1 × 6.1	10	3.0	15
30 × 30	9.1 × 9.1	10	3.0	30
40 × 40	12.2 × 12.2	10	3.0	60
44 × 44	13.4 × 13.4	10	3.0	75
20 × 20	6.1 × 6.1	20	6.1	30
30 × 30	9.1 × 9.1	20	6.1	45
44 × 44	13.4 × 13.4	20	6.1	75
46 × 46	14.0 × 14.0	20	6.1	80
20 × 20	6.1 × 6.1	30	9.1	55
30 × 30	9.1 × 9.1	30	9.1	75
50 × 50	15.2 × 15.2	30	9.1	95
53 × 53	16.2 × 16.2	30	9.1	110
55 × 55	16.8 × 16.8	30	9.1	115
59 × 59	18.0 × 18.0	30	9.1	135
63 × 63	19.2 × 19.2	30	9.1	150
68 × 68	20.7 × 20.7	30	9.1	177
70 × 70	21.3 × 21.3	30	9.1	185
* Esto no excluye montar lentes a alturas más bajas.				

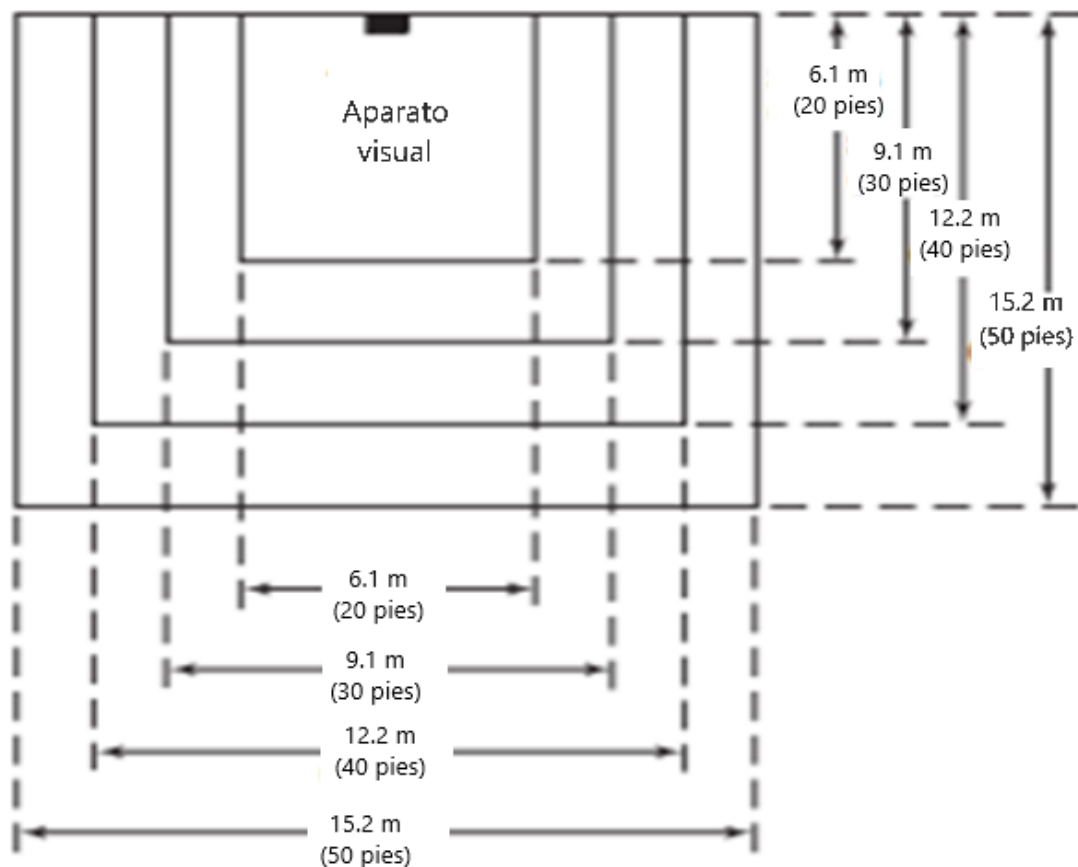


Figura 5 — Espaciamiento en salas para aparatos visibles montados en paredes

5.5.5.4.3 El espaciamiento en salas conforme a lo especificado en la tabla 5(a) y en la figura 5 para aparatos montados en paredes se debe basar en la ubicación del aparato de notificación visible en la mitad de la pared.

5.5.5.4.4 En salas cuadradas con aparatos no centrados o en salas no cuadradas, la intensidad efectiva (cd) de un aparato de notificación visible montado en una pared debe determinarse por las dimensiones del tamaño máximo de la sala, obtenidas ya sea midiendo la distancia hasta la pared más alejada o bien duplicando la distancia hasta la pared adyacente más lejana, lo que fuera mayor, según lo requerido en la tabla 5(a) y en la figura 5.

5.5.5.4.5 Si la configuración de una sala no es cuadrada, se deberá aplicar el tamaño de la sala cuadrada que permita que se abarque toda la sala o que permita que la sala sea subdividida en cuadrados múltiples.

5.5.5.4.6 Si las alturas de los cielorrasos exceden de 9.4 m (30 pies), los aparatos de notificación visible montados sobre el cielorraso deben estar suspendidos a o por debajo de los 9.4 m (30 pies) o a la altura de montaje determinada mediante la aplicación de la alternativa basada en el desempeño descrita en 5.5.5.6, o los aparatos de notificación visible montados en paredes deben instalarse de acuerdo con lo especificado en la tabla 5(a).

5.5.5.4.7 Se deberá aplicar lo especificado en la tabla 5(b) si el aparato de notificación visible montado sobre el cielorraso se encuentra en el centro de la sala. Si el aparato de notificación visible montado sobre el cielorraso no está ubicado en el centro de la sala, la intensidad efectiva (cd) deberá determinarse duplicando la distancia desde el aparato hasta la pared más lejana para obtener el tamaño máximo de la sala.

5.5.5.5 Espaciamiento en corredores

5.5.5.5.1 La instalación de aparatos de notificación visible en corredores de 6.1 m (20 pies) o menos de ancho debe cumplir con los requisitos del apartado 5.5.5.4 o del apartado 5.5.5.5.

5.5.5.5.2 El apartado 5.5.5.5 deberá aplicarse a corredores que no excedan de 6.1 m (20 pies) de ancho.

5.5.5.5.3 Para una aplicación en corredores, los aparatos visibles deberán estar certificados para no menos de 15 cd.

5.5.5.5.4 Los corredores de más de 6.1 m (20 pies) de ancho deben cumplir con los requisitos de espaciamiento para salas, de acuerdo con el apartado 5.5.5.4.

5.5.5.5.5 Los aparatos de notificación visible deberán ser ubicados a no más de 4.57 m (15 pies) del extremo del corredor, con una separación no superior a 30.5 m (100 pies) entre los aparatos.

5.5.5.5.6 Si existe una interrupción de la visual concentrada, como una puerta cortafuego, un cambio de elevación o cualquier otra obstrucción, el área debe ser tratada como un corredor separado.

5.5.5.5.7 En corredores en los que más de dos aparatos de notificación visible se encuentren en cualquiera de los campos visuales, estos deben destellar de manera sincronizada.

5.5.5.5.8 Deberá permitirse que los aparatos de notificación visible montados en paredes de corredores sean montados ya sea sobre la pared final o sobre la pared lateral del corredor, conforme a los requisitos de espaciamiento del apartado 5.5.5.5.

5.5.5.6 Alternativa basada en el desempeño

5.5.5.6.1 En lugar de los requisitos del apartado 5.5.5, sin incluir al apartado 5.5.5.7, deberá permitirse cualquier diseño que provea un mínimo de 0.4036 lúmenes/m² (0.0375 lúmenes/pie²) de iluminación en cualquier punto dentro del área cubierta en todos los ángulos especificados por los planos de dispersión polar para aparatos visuales montados en paredes o cielorrasos en ANSI/UL 1971, Standard for Signaling Devices for the Hearing Impaired, o en normas equivalentes, según lo calculado para la distancia máxima desde el aparato de notificación visual más cercano.

5.5.5.6.2 La documentación suministrada a la autoridad competente deberá incluir lo siguiente:

(1) Cálculos de la Ley del cuadrado inverso, aplicando cada uno de los ángulos de distribución polar verticales y horizontales especificados en ANSI/UL 1971, Standard for Signaling Devices for the Hearing Impaired, o en normas equivalentes.

(2) Los cálculos deben contemplar los efectos de la distribución polar aplicando uno de los siguientes:

- a) Los porcentajes de la/s tabla/s aplicables de ANSI/ UL 1971, Standard for Signaling Devices for the Hearing Impaired, o normas equivalentes.
- b) Los resultados reales de las pruebas de laboratorio del aparato específico que se va a utilizar, según ha sido registrado por la organización de listado.

5.5.5.7 Áreas para dormir

5.5.5.7.1 Las combinaciones de detectores de humo y aparatos de notificación visible o de alarmas de humo y aparatos de notificación visible deberán instalarse de acuerdo con los requisitos aplicables del capítulo 8 de la NORDOM 919 y los capítulos 4, 5 de la presente norma.

5.5.5.7.2 La tabla 5 deberá aplicarse a las áreas para dormir.

5.5.5.7.3 Para habitaciones con una dimensión lineal superior a 4.87 m (16 pies), el aparato de notificación visible deberá estar ubicado dentro de los 4.87 m (16 pies) de la almohada.

5.5.6 Ubicación de los aparatos de notificación visible para la señalización de área amplia

Los aparatos de notificación visible para la señalización de área amplia deben instalarse de acuerdo con los requisitos de la autoridad competente, los documentos de diseño aprobados y las instrucciones del fabricante para lograr el desempeño requerido.

5.6 Características visibles — Modo privado

Los aparatos de notificación visible utilizados en el modo privado deben ser de una cantidad e intensidad suficientes y estar ubicados de manera tal que cumplan con la intención del usuario y de la autoridad competente.

Tabla 5 — Requisitos de intensidad efectiva para aparatos de notificación visible para áreas para dormir

Distancia desde el cielorraso hasta la parte superior de los lentes		Intensidad mínima (cd)
in.	mm	
≥24	≥610	110
≥24	≥610	177

5.7 Método de señalización visible suplementario

5.7.1 Un aparato de notificación visible suplementario deberá tener como propósito aumentar la intensidad de una señal audible o visible.

5.7.2 Un aparato de notificación visible suplementario deberá cumplir con su desempeño certificado indicado.

5.7.2 Deberá permitirse que los aparatos de notificación visible suplementarios sean ubicados a menos de 2.03 m (80 in.) por encima del piso.

5.8 Aparatos de texto audible

5.8.1 Aparatos de altoparlantes

5.8.1.1 Los aparatos de altoparlantes deberán cumplir con lo establecido en el apartado 5.4.

5.8.1.2 El nivel de presión sonora, en dBA, del tono producido por un altoparlante de señalización debe cumplir con todos los requisitos de 5.4.3 (modo público), 5.4.4 (modo privado) o 5.4.5 (modo en horario de dormir) para el modo previsto o debe cumplir con los requisitos de 5.4.6 (señalización por tonos de banda angosta).

5.8.2 Aparatos telefónicos

Los aparatos telefónicos deberán cumplir con el apartado 5.8 de la NORDOM 919.

5.9 Aparatos de notificación visible textual y gráfica

5.9.1 Aplicación

5.9.1.1 Deberá permitirse el uso de aparatos de notificación visible textual y gráfica para señalar información sobre un incendio u otras condiciones de emergencia o para dirigir las respuestas previstas a esas condiciones.

5.9.1.2 Esta sección no se aplica a los carteles de medios de egreso, carteles de identificación de salas ni otras señales que podrían ser requeridas por otras leyes, códigos o normas aplicables.

5.9.1.3 Deberá permitirse que los mensajes de los aparatos de notificación visible textual sean estáticos, intermitentes o de desplazamiento.

5.9.2 Ubicación

5.9.2.1 Modo privado

Excepto que esté permitido de otro modo o sea requerido en otras normas aplicables, o en otros párrafos de la presente norma o por la autoridad competente, todos los aparatos de notificación visible gráfica en el modo privado deben estar ubicados en salas que sean accesibles solamente para aquellas personas directamente involucradas en la implementación y dirección de la respuesta a una emergencia en las áreas protegidas por el sistema.

5.9.2.2 Modo público

Los aparatos de notificación visible textual y gráfica utilizados en el modo público deberán ser ubicados de modo que se garantice que puedan ser vistos por los ocupantes del área protegida o por los destinatarios previstos.

5.9.2.3 Montaje

Deberán permitirse aparatos de notificación visible textual y gráfica en computadoras de escritorio o montados sobre superficies.

5.9.3 Desempeño

La información emitida por los aparatos de notificación visible textual y gráfica deberá ser clara y legible a la distancia de visión prevista.

5.9.4 Requisitos de los caracteres y símbolos y distancia de visión

5.9.4.1 Esta sección se aplica a los caracteres visuales y a los elementos gráficos y no hace referencia a caracteres en relieve o en sistema braille que podrían ser requeridos en otras normas aplicables.

5.9.4.2 Los caracteres y símbolos deberán contrastar con su fondo, mediante la aplicación ya sea de un contraste positivo (claro sobre un fondo oscuro) o de un contraste negativo (oscuro sobre un fondo claro).

5.9.4.3 Los caracteres y símbolos y su fondo deben tener un acabado mate.

5.9.4.4 Deberá permitirse que los caracteres estén en mayúscula o minúscula, o en una combinación de ambas.

5.9.4.5 Los caracteres deberán ser de un formato convencional y no en itálica, oblicuos, en cursiva, demasiado decorativos ni de otro formato no habitual y deberán estar en tipo de letras sansserif.

5.9.4.6 Los caracteres deben ser seleccionados de tipos de letras en las que el ancho de la letra "O" en mayúscula sea de un mínimo del 55 por ciento y de un máximo del 110 por ciento de la altura de la letra "I" en mayúscula.

5.9.4.7 La altura de los caracteres y símbolos para aparatos que no sean pantallas ni monitores de computadoras de escritorio debe cumplir con todos los siguientes criterios:

- (1) La altura mínima de los caracteres deberá cumplir con la tabla 6.
- (2) La distancia de visión debe medirse como la distancia horizontal entre el carácter y una obstrucción que evite un mayor acercamiento hacia el aparato.
- (3) La altura de los caracteres debe basarse en la letra "I" en mayúscula.

5.9.4.8 Todos los caracteres y símbolos exhibidos por los aparatos de notificación visible textual y gráfica deberán estar a un mínimo de 1.02 m (40 in.) por encima del nivel del terreno o piso terminado.

5.9.4.9 El grosor del trazo de la letra "I" en mayúscula deberá ser de un mínimo del 10 por ciento y de un máximo del 30 por ciento de la altura del carácter.

5.9.4.10 El espaciamiento entre caracteres deberá medirse entre los dos puntos más cercanos de caracteres adyacentes, sin incluir los espacios entre palabras. El espaciamiento entre caracteres individuales deberá ser de un mínimo del 10 por ciento y de un máximo del 35 por ciento de la altura del carácter.

5.9.4.11 El espaciamiento entre las líneas de base de las líneas de caracteres separadas dentro de un mensaje deberá ser de un mínimo del 135 por ciento y de un máximo del 170 por ciento de la altura del carácter.

5.10 Aparatos táctiles

5.10.1 Aplicación

Deberán permitirse aparatos táctiles si se los utiliza además de aparatos de notificación audible o visible, o de ambos.

5.10.2 Desempeño

Los aparatos táctiles deberán cumplir con los requisitos de desempeño establecidos en ANSI/UL 1971, Standard for Signaling Devices for the Hearing Impaired, o en normas equivalentes.

5.11 Interfaz normalizada de los servicios de emergencia

Donde sea requerido por la autoridad responsable del cumplimiento; por normas vigentes; o por otras secciones de la presente norma, los anunciadores, sistemas de visualización de información y controles para determinadas partes de un sistema, provistos para ser utilizados por el personal de los servicios de emergencia, deberán ser diseñados, arreglados y ubicados de acuerdo con los requisitos de las organizaciones que van a utilizar los equipos.

Tabla 6 — Alturas de los caracteres visuales y símbolos gráficos basadas en altura y distancia

Distancia de visión horizontal		Altura mínima de caracteres o símbolos para una elevación instalada					
		A 1.0 m a 1.8 m (40 in. a 70 in.) por encima del piso		A más de 1.8 m a 3.1 m (70 in. a 120 in.) por encima del piso		A más de 3.0 m (120 in.) por encima del piso	
m	pie	mm	in.	mm	in.	mm	in.
0.3	1	16	5/8	51	2	76	3
0.6	2	16	5/8	51	2	76	3
0.9	3	16	5/8	51	2	76	3
1.2	4	16	5/8	51	2	76	3
1.5	5	16	5/8	51	2	76	3
1.8	6	16	5/8	51	2	76	3
2.1	7	19	3/4	51	2	76	3
2.4	8	22	7/8	51	2	76	3
2.7	9	25	1	51	2	76	3
3	10	29	1 1/8	51	2	76	3
3.4	11	32	1 1/4	51	2	76	3
3.7	12	35	1 3/8	51	2	76	3
4	13	38	1 1/2	51	2	76	3
4.3	14	41	1 5/8	51	2	76	3
4.6	15	44	1 3/4	51	2	76	3
4.9	16	48	1 7/8	54	2 1/8	76	3
5.2	17	51	2	57	2 1/4	76	3
5.5	18	54	2 1/8	60	2 3/8	76	3
5.8	19	57	2 1/4	64	2 1/2	76	3
6.1	20	60	2 3/8	67	2 5/8	76	3
6.4	21	64	2 1/2	70	2 3/4	76	3
6.7	22	67	2 5/8	73	2 7/8	79	3 1/8
7	23	70	2 3/4	76	3	83	3 1/4
7.3	24	73	2 7/8	79	3 1/8	86	3 3/8
7.6	25	76	3	83	3 1/4	89	3 1/2
>7.6	>25	76+h*	3+ h*	83+ h*	3 1/4+ h*	89+ h*	3 1/2+ h*

6 Interfaces de la función de control de emergencia

6.1 Aplicación

6.1.1 Las disposiciones del capítulo 10 deberán cubrir los requisitos mínimos y los métodos para las interfaces de la función de control de emergencias con los sistemas de alarma de incendio y los sistemas de comunicaciones de emergencia que cumplan con lo establecido en el presente capítulo.

6.1.2 Deberán aplicarse los requisitos de los capítulos 4 y 5 de la NORDOM 913, los capítulos 4, 5 y 6 de la NORDOM 919, el capítulo 14 de la NFPA 72 y los capítulos 4, 5 de la presente norma, a menos que se indique de otro de las normas mencionada en este apartado.

6.2 Generalidades

6.2.1 Deberán permitirse que las funciones de control de emergencias se ejecuten automáticamente.

6.2.2 El desempeño de las funciones automáticas de control de emergencias no debe interferir con la energía para iluminación o para el funcionamiento de los ascensores.

6.2.3 El desempeño de las funciones automáticas de control de emergencias no deberá impedir la combinación de los servicios de alarma de incendio con otros servicios que requieran el monitoreo de las operaciones.

6.2.4 Los dispositivos de la interfaz de las funciones de control de emergencias deberán estar ubicados dentro de los 0.9 m (3 pies) excepto del componente que controla la función de control de emergencias donde el circuito de control no está configurado como un circuito de Clase D.

6.2.5 El dispositivo de la interfaz de las funciones de control de emergencias deberá funcionar dentro de las limitaciones de voltaje y de corriente de la unidad de control de alarma de incendio.

6.2.6 El cableado de la instalación entre la unidad de control de alarma de incendio y el dispositivo de la interfaz de las funciones de control de emergencias deberá ser de Clase A, Clase B, Clase D, Clase N o Clase X, de acuerdo con lo establecido en el capítulo 6 de la NORDOM 913.

6.2.7 Las funciones de control de emergencias no deben interferir con otras operaciones del sistema de alarma de incendio.

6.2.8 El/los método/s de interconexión entre el sistema de alarma de incendio y el dispositivo de la interfaz de las funciones de control de emergencias debe/n ser monitoreado/s para verificar su integridad conforme a lo establecido en el apartado 6.6 de la NORDOM 913.

6.2.9 El/los método/s de interconexión entre el dispositivo de la interfaz de las funciones de control de emergencias y el componente que controla la función de control de emergencias debe cumplir con las disposiciones aplicables de NFPA 70.

6.2.10 El/los método/s de interconexión entre el dispositivo de la interfaz de las funciones de control de emergencias y el componente que controla la función de control de emergencias debe lograrse a través de uno de los siguientes métodos reconocidos:

(1) Contactos eléctricos listados para la carga conectada.

(2) Comunicaciones de datos a través de uno o más circuitos de línea de señalización específicamente utilizados para la alarma de incendio o compartidos con otros sistemas operativos de las instalaciones.

(3) Otros métodos listados.

6.2.11 Si un sistema de alarma de incendio es un componente de una red de seguridad humana y comunica datos a otros sistemas que proveen funciones de seguridad humana o si recibe datos desde dichos sistemas, debe aplicarse lo siguiente:

(1) Deberá monitorearse la integridad de la vía utilizada para la comunicación de datos. Ello debe incluir el monitoreo del medio físico de comunicación y su capacidad de mantener comunicaciones inteligibles.

(2) Los datos recibidos desde la red no deberán afectar la operación del sistema de alarma de incendio de manera alguna, excepto en la visualización del estado de los componentes de la red de seguridad humana.

(3) Donde los sistemas de alarma que no sean de incendio estén interconectados con el sistema de alarma de incendio a través de una red u otra técnica digital de comunicación, debe generarse una señal (latido, zumbido, ping, consulta) entre el sistema de alarma de incendio y el sistema que no sea de alarma de incendio. La falla del sistema de alarma de incendio en la recepción de la confirmación de la transmisión debe generar la indicación de una señal de falla dentro de los 200 segundos.

6.3 Operación de rellamado de emergencia de ascensores Fase I

6.3.1 Todos los dispositivos iniciadores de alarma de incendio que se utilicen para iniciar la operación de rellamado de emergencia de ascensores Fase I deberán estar conectados al sistema de alarma de incendio del edificio requerido.

6.3.2 En instalaciones que no requieran un sistema de alarma de incendio, los dispositivos iniciadores de alarma de incendio que se utilicen para iniciar la operación de rellamado de emergencia de ascensores Fase I deberán estar conectados a un sistema de alarma de incendio del edificio no requerido o a una unidad de control de alarma de incendio de función dedicada que debe ser designada como "unidad de control de rellamado de ascensores y de control de supervisión", permanentemente identificada en la unidad de control de alarma de incendio de función dedicada y en los planos de registro.

6.3.3 Iniciación de la operación de rellamado de emergencia Fase I

6.3.3.1 A menos que sea requerido de otra manera por la autoridad competente, sólo los detectores de humo de vestíbulos de ascensores, fosos de ascensores, salas de máquinas de ascensores, salas de control de ascensores y espacios de control de ascensores, u otra detección automática de incendios según lo permitido en el apartado 6.3.10, deberán utilizarse para la Operación de rellamado de emergencia de ascensores Fase I.

6.3.3.2 Deberá permitirse que un interruptor de flujo de agua inicie la operación de rellamado de emergencia de ascensores Fase I al momento de la activación de un rociador instalado en el fondo del foso del ascensor (el pozo del ascensor), siempre que el interruptor de flujo de agua y el rociador del pozo estén instalados en una línea de rociadores con válvulas separadas dedicada exclusivamente a la protección del pozo del ascensor.

6.3.4 Cada dispositivo iniciador que se utilice para iniciar la operación de rellamado de emergencia Fase I deberá tener capacidad para iniciar el rellamado de ascensores cuando todos los otros dispositivos del mismo circuito del dispositivo iniciador hayan sido colocados manual o automáticamente en la condición de alarma.

6.3.5 Ubicación de alarma en vestíbulo de ascensores

6.3.5.1 Una alarma de humo para vestíbulos deberá ser colocado sobre el cielorraso, dentro de los 6.4 m (21 pies) de la línea central de cada puerta de ascensor dentro del grupo de ascensores bajo el control de la alarma.

6.3.5.2 Para las configuraciones de los cielorrasos de vestíbulos que excedan de 4.6 m (15 pies) de altura o que no sean ni planas ni lisas, la ubicación de los detectores deberá determinarse de acuerdo con el capítulo 4.

6.3.6 Detección de incendios en ascensores no provisto de rociadores

6.3.6.1 No deberán instalarse detectores de humo u otras detección automática de incendios según lo permitido en el apartado 6.3.10 en fosos de ascensores no provistos de rociadores, a menos que se instalen para activar los equipos de liberación de humo del foso del ascensor o para iniciar la operación de rellamado de emergencia de ascensores Fase I según lo requerido en los apartados 6.3.14.1(2) y 6.3.14.2(2) para cualquiera de lo siguiente:

(1) espacios de maquinarias de fosos que contienen un controlador de motor o una máquina de accionamiento,

(2) espacios de control ubicados en el foso.

6.3.6.2 Deberán instalarse detectores de humo u otros sistema automáticos de detección de incendios según lo permitido en el apartado 6.3.10 en fosos de ascensores no provistos de rociadores si fuera requerido por otra norma vigente para el accionamiento de otro equipo de alivio de humo de foso de ascensores.

6.3.6.3 Los detectores instalados de acuerdo con el apartado 6.3.5.2 deberán iniciar la operación de rellamado de emergencia Fase I según lo especificado en los apartados 6.3.14.1(2) y 6.3.14.2(2).

6.3.7 Dispositivos iniciadores de alarma de incendio en el interior de fosos de ascensores

El (los) dispositivos iniciadores de alarma de incendio que en otros apartados de esta norma u otras normas vigentes se requieran ser instalado en el interior de un foso de ascensor deberán ser accesibles para su reparación, prueba y mantenimiento desde afuera del foso del ascensor.

6.3.8 Cuando en otros códigos y normas se requieran rociadores en fosos de ascensores, deberán instalarse dispositivos iniciadores de alarma de incendio para iniciar la operación de rellamado de emergencia de ascensores Fase I de acuerdo con ANSI/ASME A.17.1/CSA B44, Safety Code for Elevators and Escalators, y deberá aplicarse lo siguiente:

(1) Donde los rociadores están ubicados en la parte superior del foso, el (los) dispositivos de detección de incendios deberán estar ubicado en la parte superior del foso,

(2) Donde los rociadores están ubicados en el fondo del foso (el pozo), el/los dispositivo/s de detección de incendios deberá/n estar instalado/s en el pozo de acuerdo con el capítulo 4.

(3) Las señales de salida del sistema de alarma de incendio hacia el sistema del ascensor deberán cumplir con el apartado 6.3.14.

(4) El (los) dispositivos iniciadores de alarma de incendio deberán estar instalados de acuerdo con el capítulo 4.

6.3.9 No deberán instalarse detectores de humo para iniciar la operación de rellamado de emergencia de ascensores Fase I a menos que estén listados para las condiciones ambientales.

6.3.10 Si las condiciones ambientales impiden que la instalación de detección automática de humo se utilice para iniciar la operación de rellamado de emergencia de ascensores Fase I, deberán permitirse otros dispositivos iniciadores de detección automática de incendios.

6.3.11 Cuando se acciona, cualquier dispositivo iniciador de alarma de incendio que se utilice para iniciar la operación de rellamado de emergencia de ascensores Fase I deberá ser anunciado en la unidad de control de alarmas de incendio del edificio o en la unidad de control de alarma de incendio descrita en el apartado 6.3.2.

6.3.12 El accionamiento de las alarmas de humo de fosos de ascensores, salas de máquinas de ascensores, espacios de máquinas de ascensores, espacios de control de ascensores o salas de control de ascensores, u otra detección automática de incendios según lo permitido en el apartado 6.3.10 deberá generar un aviso visible separado e inconfundible en la unidad de control de alarma de incendio del edificio o en la unidad de control de alarma de incendio descrita en el apartado 6.3.2.

6.3.13 Donde esté aprobado por la autoridad competente, deberá permitirse que las alarmas que se utilicen para iniciar la operación de rellamado de emergencia de ascensores Fase I inicien una señal de supervisión, en lugar de una señal de alarma.

6.3.14 Se deberán proveer salidas separadas desde la unidad de control de alarma de incendio del edificio descrita en el apartado 6.3.2 hasta el sistema del ascensor para implementar la operación de rellamado de emergencia de ascensores Fase I de acuerdo con la sección 2.27 de ANSI/ASME A.17.1/CSA B44, Safety Code for Elevators and Escalators, según lo requerido en el apartado 6.3.13.1 hasta 6.3.13.3.

(1) Salida asociada al nivel asignado.

(2) Salida asociada al nivel alternativo.

(3) Salida asociada a la sala de máquinas del ascensor, espacio de máquinas del ascensor, espacio de control del ascensor o sala de control del ascensor.

6.3.14.1 Operación de rellamado de emergencia de ascensores a un nivel designado

Para cada ascensor o grupo de ascensores que funcionan en una operación automática grupal, se deberá proveer una salida desde el sistema de alarma de incendio hasta el sistema del ascensor, en respuesta a lo siguiente:

(1) Activación de las alarmas de humo u otra detección automática de incendios según lo permitido en el apartado 6.3.10, ubicados en cualquiera de los vestíbulos del ascensor asociado, distinto al vestíbulo en el nivel designado.

(2) Activación de las alarmas de humo u otra detección automática de incendios según lo permitido en el apartado 6.3.10, ubicados en cualquiera de las salas de máquinas del ascensor, espacios de máquinas del ascensor, espacios de control del ascensor o salas de control del ascensor asociado, excepto donde tales salas o espacios estén situados en el nivel designado.

(3) Activación de los detectores de humo u otra detección automática de incendios según lo permitido en el apartado 6.3.10, ubicados en cualquiera de los fosos de los ascensores cuando los rociadores estén ubicados en esos fosos, a menos que se especifique de otro modo en el apartado 6.3.13.2(3).

6.3.14.2 Operación de rellamado de emergencia de ascensores Fase I a un nivel alternativo.

6.3.14.2.1 Para cada ascensor o grupo de ascensores que funcionan en una operación automática grupal, se deberá proveer una salida desde el sistema de alarma de incendio hasta el sistema del ascensor en respuesta a lo siguiente:

- (1) Activación de las alarmas de humo u otra detección automática de incendios según lo permitido en el apartado 6.3.9, ubicados en el vestíbulo del nivel designado servido por el/los ascensor/es.
- (2) Activación de las alarmas de humo u otra detección automática de incendios según lo permitido en el apartado 6.3.9, ubicados en la sala de máquinas del ascensor, en el espacio de máquinas del ascensor, en el espacio de control del ascensor o en la sala de control del ascensor que se utilicen para el/los ascensor/es, si tales salas o espacios están situados en el nivel designado.
- (3) Activación de los dispositivos iniciadores identificados en el apartado 6.3.14.1(3) si están instalados en o por debajo del nivel más bajo de rellamado en el foso del ascensor y el nivel alternativo está ubicado por encima del nivel designado.

6.4 Interrupción de la energía de los ascensores

6.4.1 Donde se utilicen detectores de calor para desconectar el suministro de energía de la línea principal que alimenta al ascensor afectado y cualquier otro suministro de energía que se use para mover el ascensor al momento o antes del funcionamiento de los rociadores, el detector deberá tener tanto una certificación de temperatura menor como una sensibilidad más alta, en comparación con el rociador.

6.4.2 Si los detectores de calor especificado en el apartado 6.4.1 utilizado para interrumpir la energía de los ascensores antes del funcionamiento de los rociadores, deberán estar ubicados dentro de los 610 mm. (24 in) de cada rociador y deberán ser instalados de acuerdo con los requisitos del capítulo 4.

6.4.2.1 Deberá permitirse que los métodos de ingeniería, tales como aquellos especificados en el Anexo A, se utilicen para seleccionar y colocar los detectores de calor con el fin de garantizar la respuesta antes del funcionamiento de cualquiera de los rociadores en diversos escenarios con índice de crecimiento del incendio.

6.4.3 Si los interruptores de presión o flujo de agua se utilizan para accionar los medio de desconexión especificado en el apartado 6.4.1, no debe permitirse el uso de dispositivos con interruptores de retardo de tiempo.

6.4.4 Los circuitos de control de los medio de desconexión especificado en el apartado 6.4.1 deberán ser monitoreados con el fin de detectar la presencia de voltaje operativo.

6.4.5 La pérdida de voltaje en el circuito de control especificado en el apartado 6.4.4 deberá generar la indicación de una señal de supervisión en la unidad de control de alarma de incendio del edificio o en la unidad de control descrita en el apartado 6.3.2.

6.4.6 Los dispositivos iniciadores descritos en el apartado 6.4.2 y 6.4.3 deberán ser monitoreados por la unidad de control de alarma de incendio especificado en el apartado 6.3.1 y el apartado 6.3.2 con el fin de verificar su integridad.

6.5 Ascensores para el acceso del servicio de bomberos

6.5.1 Donde uno o más ascensores estén específicamente designados y señalizados como ascensores para el acceso del servicio de incendios, la temperatura y presencia de humo en vestíbulos, sala de máquinas, sala de control, espacios de máquinas o espacios de control de ascensores deberán ser continuamente monitoreadas y exhibidas en uno o más anunciadores del sistema de alarma de incendio del edificio, o en otros anunciadores, según lo aprobado por la autoridad competente.

6.6 Ascensores para evacuación de los ocupantes (Occupant Evacuation Operation u OEO)

6.6.1 Estado del ascensor

Donde uno o más ascensores estén específicamente indicados y asignados para uso de los ocupantes para la evacuación durante un incendio, estos deberán cumplir con todas las disposiciones de las secciones 6.5 y 6.6.

6.6.2 Operación de evacuación de los ocupantes (occupant evacuation operation u OEO) con el uso de ascensores

Deberán emitirse señales de salida del sistema de alarma de incendio hacia el/los controlador/es de ascensores para implementar la operación de evacuación de los ocupantes de acuerdo con la apartado 2.27 de ASME A17.1/CSA B44 (2013), Safety Code for Elevators and Escalators, según lo requerido en 6.6.2.1 y 6.6.2.5.

6.6.2.1 Aplicación

6.6.2.1.1 El OEO solamente deberá ser iniciada ante una señal automática o manual del sistema de alarma de incendio al sistema del ascensor.

6.6.2.1.2 El OEO deberá aplicarse separadamente a cada ascensor individual y a ascensores con una operación automática grupal o designados como grupo de elevadores.

6.6.2.1.3 El OEO deberá funcionar según lo establecido en el apartado 6.6.2.1.2 solamente ante de la operación de rellamado de emergencia de ascensores Fase I.

6.6.2.2 Evacuación parcial de un edificio

Donde un ascensor o un grupo de ascensores estén asignados para ser usados por los ocupantes para la evacuación, deberán aplicarse las disposiciones de los apartados 6.6.2.3 a 6.6.2. 3 para una evacuación parcial.

6.6.2.3 Iniciación

La OEO deberá ser iniciada ya sea por medios manuales desde el Centro de comando de incendios o el Centro de comando de emergencias de acuerdo con el apartado 6.6.2.4 o mediante el accionamiento de un dispositivo iniciador de alarma contra incendios automático de acuerdo con el apartado 6.6.2.3.1.

6.6.2.3.1 Un dispositivo iniciador de alarma contra incendios automático activo que no inicia la operación de rellamada de emergencia del ascensor Fase I deberá hacer que el sistema de alarma contra

incendios proporcione una señal al sistema del ascensor indicando el piso de una alarma activa, excepto según lo prohibido por el apartado 6.6.2.3.6.

6.6.2.3.2 Los pisos a evacuar deberán ser un bloque contiguo de pisos designado como "zona de evacuación del ascensor" que constará de al menos el piso con alarma activa, dos pisos por encima del piso con alarma activa y dos pisos debajo del piso con alarma activa.

6.6.2.3.3 Cuando el piso designado como nivel de descarga del ascensor cae dentro de la zona de evacuación del ascensor, no deberá ser evacuado mediante el(los) ascensor(es), y el sistema de alarma contra incendios deberá iniciar un mensaje de voz para indicar a los ocupantes de ese nivel que salgan del edificio.

6.6.2.3.4 Si la activación de un dispositivo iniciador de alarma contra incendios automático que no inicia la operación de rellamada de emergencia de ascensor Fase I ocurre en pisos adicionales, incluido el nivel de descarga del ascensor en cualquier momento mientras la OEO esté vigente, las zonas de evacuación del ascensor deberá ser ampliada para incluir todos los pisos con una alarma activa, a todos los pisos entre el piso más alto y el más bajo con alarma activa, más los pisos superiores al piso más alto con alarma activa y dos pisos debajo del piso más bajo con alarma activa.

6.6.2.3.5 Si la primera alarma activa está en el nivel de descarga del ascensor, no se deberá permitir el inicio automático de OEO para todos los ascensores que tengan el mismo nivel de descarga del ascensor.

6.6.2.3.6 Cuando la primera alarma activa está en un nivel de descarga del ascensor, el sistema de alarma contra incendios no deberá enviar una señal al sistema del ascensor para esa alarma o cualquier otra alarma activa que no inicie la operación de rellamado de emergencia de ascensores fase I para ese grupo de ascensores.

6.6.2.3.7 Identificación del piso

(A) La/s señal/es de salida deberá/n identificar cada uno de los pisos que va a ser evacuado.

(B) Los pisos identificados deberán ser un bloque de pisos contiguos, incluidos los siguientes:

(1) El piso en el que se encuentre el dispositivo iniciador automático que se activa primero.

(2) Los pisos en los que haya uno o más dispositivos iniciadores automáticos que se activen subsiguientemente.

(3) Los pisos identificados por medios manuales desde el centro de comando de incendios.

(4) Dos pisos situados por encima del piso más alto identificado en los apartados 6.6.2.3.7(B)(1) a 6.6.2.3.7(B)(3).

(5) Dos pisos situados por debajo del piso más bajo identificado en 6.6.2.3.7(B)(1) a 6.6.2.3.7(B)(3).

(C) Los pisos identificados deberán ser mostrados en una interfaz normalizada de los servicios de emergencia, junto con el resto de la información sobre el estado de los otros ascensores requerida en el apartado 6.6.1.

6.6.2.4 Selección manual de pisos

6.6.2.4.1 Deberá disponerse de un medio en el centro de comando de incendios para la selección manual de cada pisos.

6.6.2.4.2 La selección manual de pisos deberá ser solamente por el personal autorizado o de emergencia.

6.6.2.4.3 Cuando la OEO aún no está vigente y se realiza una selección manual de piso para iniciar la OEO, deberá enviarse una señal al sistema de ascensor que simula una alarma activa para ese piso.

6.6.2.4.4 Cuando la OEO está vigente y se realiza una selección manual de pisos, se deberá permitir que la autoridad competente expanda la zona de evacuación del ascensor según se describe en el apartado 6.6.2.3.4 o agregando ese piso a la zona de evacuación.

6.6.2.4.5 Cada medio de selección manual deberá tener la capacidad de cancelar una señal de salida accionada manualmente.

6.6.2.5 Señales de salida de alarma contra incendios al sistema de ascensor

6.6.2.5.1 La salida del sistema de alarma contra incendios al sistema de ascensor deberá identificar cada piso con un dispositivo iniciador automático de alarma contra incendios accionado.

21.6.2.5.2 La salida del sistema de alarma contra incendios al sistema de ascensor deberá incluir lo siguiente:

(1) Piso(s) con algún dispositivo iniciador de alarma contra incendios accionado.

(2) Piso(s) seleccionados por medios manuales desde el centro de comando de incendios o el centro de comando de emergencia.

6.6.2.5.3 Los pisos identificados y todos los demás pisos asociados que comprenden la zona de evacuación del ascensor deberán estar exhibido en el anunciador del sistema de alarma contra incendios del edificio o en un anunciador listado del sistema de alarma que no sean de incendios u otro anunciador aprobado por la autoridad competente.

6.6.2.5.4 El anunciador al que se hace referencia en el apartado 6.6.2.5.3 deberá estar ubicado en el centro de comando de incendios o en el centro de comando de emergencia.

6.6.2.6 Notificación a los ocupantes

6.6.2.6.1 El sistema de comunicaciones de emergencia de incendio por voz/alarma instalado en el edificio deberá transmitir los mensajes coordinados con los signos de mensajes variables del sistema del ascensor en todos los vestíbulos de ascensores.

6.6.2.6.2 Mensajes automáticos de evacuación por voz deberán ser transmitidos a los pisos que no están en la zona de evacuación del ascensor con el fin de indicar la necesidad de evacuar y que el servicio de ascensores se encuentra disponible.

6.6.2.6.3 Mensajes automáticos por voz deberán ser transmitidos a los pisos de la zona de evacuación del ascensor cuando no hay ascensores disponible que sirvan a esa zona de evacuación del ascensores.

6.6.2.6.4 Donde lo requieran otras normas vigentes, los altoparlantes del sistema de comunicaciones de emergencia por voz/alarma ubicados en cada vestíbulo de la OEE deberán estar conectados a una zona de notificación separada para voiceo manual únicamente.

6.6.2.6.4.1 Deberá permitirse zonas de voiceo individuales para cada vestíbulo de OEE en cada piso o una zona de voiceo agrupada para todos los vestíbulos de la OEE en un piso, si estuvieran aprobadas.

6.6.2.6.4.2 Deberá permitirse una zona de voiceo vertical para cada grupo de ascensores, Si se aprueba,

6.6.2.6.5 Los aparatos de notificación visual (luces estroboscópicas) deberán cumplir con los apartados 5.5.17.3(1), 5.5.17.3(2) y 5.5.17.3(3) de la NORDOM 919.

6.6.2.7 Evacuación total

6.6.2.7.1 Deberá proveerse un medio para iniciar la evacuación total de un edificio etiquetado con la inscripción “EVACUACIÓN TOTAL DEL EDIFICIO CON ASCENSORES” en el centro de comando de incendios o en el centro de comando de emergencia.

6.6.2.7.2 Cuando se acciona el medio de evacuación total de un edificio, el sistema de alarma de incendio deberá emitir una señal al sistema del ascensor en la que se identifique que todos los pisos van a ser evacuados.

6.6.2.7.3 El sistema de comunicación de emergencias por voz/alarma instalado en el edificio deberá transmitir mensajes coordinados con los signos de mensajes variables del sistema del ascensor en todos los vestíbulos de ascensores.

6.6.2.8 Suspensión de OEO para un Ascensor Individual o Grupo de Ascensores

Cuando se haya suspendido la OEO, el sistema de comunicaciones de emergencia de incendios mediante voz y alarma del edificio deberá transmitir mensajes coordinados con los señal de mensajes variables del sistema de ascensores, de conformidad con el apartado 6.6.2.6.

6.6.2.9 Terminación Parcial de OEO

6.6.2.9.1 La OEO para un grupo específico de uno o más ascensores deberá terminar cuando las señales proporcionadas en el apartado 6.3.14.1 y el apartado 6.3.14.2 asociado con este grupo de ascensores hayan iniciado la Operación de rellamado de emergencia de ascensores Fase I para este grupo de uno o más ascensores.

6.6.2.9.2 Cuando se haya terminado parcialmente la OEO, el sistema de comunicaciones de emergencia de incendios mediante voz y alarma del edificio deberá transmitir mensajes coordinados con las señales de mensajes variables del sistema de ascensores de conformidad con el apartado 6.6.2.6.

6.6.2.10 Terminación Total de OEO

Deberá cancelarse la OEO para todos los ascensores del edificio al restablecerse el sistema de alarma contra incendios.

6.7 Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC)

6.7.1 Las disposiciones del subtema del apartado 6.7 deberán aplicarse al método básico por el cual un sistema de alarmas de incendio produce una interfaz con los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC).

6.7.2 Si están conectados al sistema de alarmas de incendio que brinda servicio a las instalaciones protegidas, todos los dispositivos de detección utilizados para ocasionar el funcionamiento de las compuertas cortahumo, compuertas cortafuego, control de ventiladores, puertas cortahumo o puertas cortafuego de los sistemas HVAC deberán ser monitoreados para verificar su integridad de acuerdo con el apartado 6.6 de la NORDOM 913.

6.7.3 Las conexiones entre los sistemas de alarmas de incendio y el sistema HVAC a los fines de monitoreo y control deberán funcionar y ser monitoreadas de acuerdo con las normas NORDOM 834.

6.7.4 Los detectores de humo montados en los conductos de aire de los sistemas HVAC deberán iniciar una señal de supervisión.

6.7.4.1 Los detectores de humo montados en los conductos de aire de los sistemas HVAC de un sistema de alarma de incendio sin una ubicación constantemente atendida ni estación de supervisión deberán estar permitidos para iniciar una señal de alarma.

6.7.4.2 Los detectores de humo montados en los conductos de aire de los sistemas HVAC deberán estar permitidos para iniciar una señal de alarma, cuando sea requerido en otras normas aplicables.

6.7.5 Si la unidad de control de alarmas de incendio activa el sistema HVAC con el fin de controlar el humo, las zonas de activación de alarmas automáticas deberán estar coordinadas con las zonas de control de humo que activan.

6.7.6 Si un sistema de detección de monóxido de carbono o un sistema dedicado de detección de monóxido de carbono inicia una respuesta de la ventilación, una respuesta de control de humo del sistema de alarma de incendio deberá tener precedencia sobre la respuesta de los detectores de monóxido de carbono durante una condición de alarma de incendio.

6.7.7 Donde esté interconectada como un sistema combinado, deberá proveerse una estación de control de humo de los bomberos (fire fighter's smoke control station o FSCS) para llevar a cabo el control manual sobre el funcionamiento automático de la estrategia de control de humo del sistema.

6.7.8 Donde esté interconectada como un sistema combinado, la programación del sistema de control de humo deberá estar diseñada de modo que el funcionamiento normal del sistema HVAC o los cambios no impidan el desempeño previsto de la estrategia de control de humo.

6.8 Ventiladores de alto volumen y baja velocidad (HVLS)

Donde sea requerido por NFPA 13, todos los ventiladores HVLS deberán estar enclavado para apagarse al accionar un interruptor de flujo de agua de un rociador que indica el flujo de agua en el área servida por los ventiladores.

6.9 Liberación de puertas y persianas

6.9.1 Las disposiciones del subtema del apartado 6.9 deberán aplicarse a los métodos de conexión de los dispositivos de liberación que mantienen abiertas las puertas y persianas y a los dispositivos integrales de liberación que mantienen las puertas y persianas abiertas, cierrapuertas y dispositivos de detección de humo.

6.9.2 Excepto las alarmas de humo utilizados solamente para liberación de puertas y persianas y no para la protección de áreas abiertas, todos los dispositivos de detección utilizados para el servicio de liberación que mantiene abiertas las puertas y persianas deberán ser monitoreados para verificar su integridad de acuerdo con el apartado 6.6 de la NORDOM 913.

6.9.3 A menos que estén instaladas como circuitos de Clase D de acuerdo con el apartado 6.3.4 de la NORDOM 913, todos los dispositivos de liberación que mantienen abiertas las puertas y persianas y los dispositivos integrales de cierre y liberación y cierre de puertas y persianas que se utilicen para el servicio de liberación deberán ser monitoreados para verificar su integridad de acuerdo con el apartado 6.6 de la NORDOM 913.

6.8.4 No deberá requerirse que los sujetadores magnéticos de puertas y persianas que permiten que las puertas se cierren ante la pérdida de energía operativa cuenten con una fuente de energía secundaria.

6.10 Puertas de cierre mediante traba eléctrica

6.10.1 Las puertas de cierre mediante traba eléctrica de un medio de egreso requerido deberán abrirse en la dirección del egreso, donde sea requerido en otras normas aplicables.

6.10.2 Todos los medios de egreso conectados de acuerdo con el apartado 6.10.1, donde se utilicen suministros de energía secundaria de las unidades de control de alarma de incendio, deberán cumplir con el apartado 5.6.7 de la NORDOM 913.

6.10.3 Los suministros de energía secundaria de las unidades de control de alarma de incendio no deberán utilizarse para mantener las puertas de los medios de egreso en la condición de cerradas con traba, a menos que la unidad de control de alarma de incendio cuente con un arreglo de circuitos y energía secundaria suficiente para garantizar que las puertas de los medios de egreso se destrabarán dentro de los 10 minutos posteriores a la pérdida de energía primaria.

6.10.4 No deberá requerirse que las cerraduras accionadas por suministros de energía independientes, que se utilicen específicamente para interrumpir la energía y las funciones de control de acceso, y que se destraben en caso de pérdida de energía, cumplan con el apartado 5.9.2 de la NORDOM 913.

6.10.5 Si las puertas de los medios de egreso son abiertas por el sistema de alarmas de incendio, la función de apertura de la cerradura deberá tener lugar antes de, o simultáneamente a, la activación de cualquier aparato de notificación en modo público situado en el/las área/s para las que se utilicen las puertas de los medios de egreso habitualmente cerradas con algún dispositivo de cierre.

6.10.6 Todas las puertas que se requiera sean destrabadas por el sistema de alarma de incendio de acuerdo con el apartado 6.10.1 deberán permanecer sin cerraduras hasta que la condición de alarma de incendio sea manualmente reiniciada.

6.11 Sistemas de notificación audible de señalización de salida

6.11.1 Donde sea requerido por otras normas vigentes o por la autoridad competente, los aparatos de notificación audible indicadores de salida deberán ser activados por el sistema de alarmas de incendio del edificio.

6.11.2 Los sistemas de señalización de salida deberán cumplir con los requisitos del capítulo 5.

Anexo A **(informativo)**

Guía de ingeniería para el espaciamiento de detectores automáticos de incendio

A.1 Anexo A

A.1.1 Este anexo no forma parte de los requisitos de esta norma, pero se incluye únicamente con propósitos informativos.

A.1.2 Los usuarios del Anexo A deberían remitirse al texto de la norma para familiarizarse con las limitaciones de los métodos de diseño resumidos en el presente anexo.

A.1.3 EL apartado A.3, y en particular los apartados A.3.2 y A.3.3, están basados en gran medida en el trabajo de Custer y Meacham, "Ingeniería de seguridad contra incendios basada en el desempeño: una introducción a los conceptos básicos" (Performance-Based Fire Safety Engineering: An Introduction of Basic Concepts") (Meacham y Custer 1995) e "Introducción a la seguridad contra incendios basada en el desempeño" (Introduction to Performance-Based Fire Safety)(Custer y Meacham 1997).

A.1.4 National Fire Protection Association y el Comité Técnico sobre Dispositivos Iniciadores para Sistemas de Alarma de Incendio agradecen las contribuciones técnicas de la Sociedad de Ingenieros en Protección contra Incendios, Richard Custer y Brian Meacham, al diseño basado en el desempeño y al presente anexo.

A.2 Introducción

A.2.1 Alcance

Este anexo brinda información que tiene como objetivo complementar el capítulo 4. Incluye un procedimiento para determinar el espaciamiento de detectores basado en los objetivos establecidos para el sistema, tamaño e índice de crecimiento del incendio a detectar, varias alturas de cielorrasos, temperaturas ambiente y características de respuesta de los detectores. Además de brindar un método de ingeniería para el diseño de sistemas de detección mediante la utilización de detectores dependientes de la pluma de humo, detectores de calor y de humo, el presente anexo también ofrece orientación sobre el uso de detectores con sensor de energía radiante.

A.2.2 Generalidades

A.2.2.1 En la edición de 1999, el Anexo B fue revisado en su totalidad desde sus ediciones previas. Las correlaciones que se utilizaron originalmente para desarrollar las tablas y las figuras para los espaciamientos de detectores de calor y de humo en las ediciones anteriores se han actualizado a fin de alcanzar una concordancia con la investigación actual. Estas revisiones corrigen los errores de las correlaciones originales. En las ediciones anteriores, las tablas y figuras estaban basados en un supuesto calor de combustión de 20.900 kJ/kg (8986 Btu/lb). Se considera que el calor de combustión real de materiales celulósicos comunes es a menudo cercano a los 12.500 kJ/kg (5374 Btu/l). Las ecuaciones del presente anexo se realizaron utilizando datos de prueba y correlaciones de datos para combustibles

celulósicos (madera) que poseen un calor de combustión total de aproximadamente 12.500 kJ/kg (5374 Btu/lb).

A.2.2.2 Además de las modificaciones introducidas en 1999, se ha extendido aún más el concepto del diseño basado en el desempeño. Ello incluía, en gran medida, el material adicional tomado del trabajo de Custer y Meacham. Desde entonces, la industria continúa con el desarrollo de códigos, normas y guías adicionales para brindar una mayor asistencia en la tarea de llevar a cabo una evaluación basada en el desempeño. Ello incluye el trabajo de la SFPE, de la NFPA y del ICC.

A.2.2.3 A los efectos del presente anexo, el calor producido por un incendio se manifiesta ya sea como calor convectivo o como calor radiante. Se supone que la transferencia de calor conductivo tiene poca importancia durante las primeras etapas del desarrollo de un incendio, cuando este anexo es relevante. En el presente anexo se utiliza una fracción del índice de emisión de calor convectivo igual al 75% del índice total de emisión de calor. Los usuarios deben remitirse a las referencias 12 y 13 de la Sección H.1.2.14 de la NFPA 72 para combustibles o condiciones de combustión que son sustancialmente diferentes de estas condiciones.

A.2.2.4 Los métodos de diseño para detectores de columna de humo analizados en el presente anexo se basan en pruebas de incendios a gran escala, realizados con fondos del Fire Detection Institute (Instituto de Detección de Incendios), en incendios con llamas de crecimiento geométrico en todos los casos. (*Ver Ambientes para Detectores de Incendios —Fase 1: Efectos del Tamaño del Incendio, Altura de Cielorrasos y Materiales; Medidas Vol. I y Análisis Vol. II*).

A.2.2.5 La orientación aplicable a los detectores de humo se ve limitada al análisis teórico basado en los datos de pruebas de incendios con llamas, y no se pretende la detección de fuegos sin llamas.

A.2.2.6 Los métodos de diseño para detectores dependientes de la columna de humo no tienen como objetivo la detección de incendios de condición estable.

A.2.2.7 Los métodos de diseño para detectores contra incendio de columna de humo utilizados en este anexo son sólo aplicables cuando se emplean en el contexto de aplicaciones en las cuales el cielorraso es liso y a nivel. No puede utilizarse en cielorrasos con vigas, viguetas o salientes formadas por vigas o soportes transversales. La investigación sobre la cual basamos los siguientes métodos no tuvieron en cuenta el efecto de las vigas, viguetas o salientes con el detalle suficiente para justificar el uso del presente anexo en dichas aplicaciones.

A.2.3 Propósito

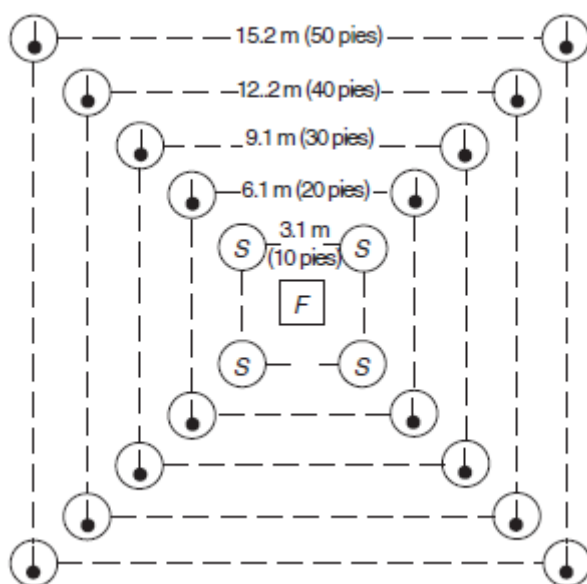
A.2.3.1 El propósito del anexo A es el de brindar una base de desempeño para lograr la ubicación y el espaciamiento correctos de dispositivos iniciadores para la detección de incendios. Las secciones sobre detectores de calor y de humo introducen un método de diseño alternativo al enfoque normativo introducido en el capítulo 4 (es decir, basado en espaciamientos listados). La sección sobre detectores con sensor de energía radiante analiza en mayor detalle los criterios basados en el desempeño que ya existen en el capítulo 4. Un enfoque basado en el desempeño permite considerar índices de crecimiento de incendios y características de incendios potenciales, de la habitación específica y de peligrosidad de los objetivos (por ejemplo, ocupantes, equipamiento, contenidos, estructuras, etc.), con el objeto de determinar la ubicación de un tipo específico de detector para que éste pueda alcanzar los objetivos establecidos para el sistema.

A.2.3.2 Bajo el enfoque normativo, los detectores de calor deberán instalarse de acuerdo con el espaciamiento listado. El espaciamiento listado se determina en un laboratorio de pruebas para incendios de gran escala.

A2.3.2.1 El laboratorio de pruebas para incendios que se utiliza para determinar el espaciamiento listado de los detectores de calor tiene una altura de 4.8 metros (15 pies y 9 in.). Como incendio de prueba se utiliza un incendio regular con líquido inflamable de un índice de liberación de calor de aproximadamente 1137 kW (1200 Btu/s), ubicado a 0.9 m (3 pies) por encima del nivel del suelo.

A2.3.2.2 Se instalan rociadores de prueba especiales para 71°C (160°F) en una disposición de 3 m × 3 m (10 pies × 10 pies) de manera tal que el incendio se encuentre justo debajo de ellos.

A2.3.2.3 Los detectores de calor puestos a prueba se disponen en cuadrado con un espaciamiento mayor en cercanías al incendio. La elevación del incendio se ajusta durante la prueba para producir la curva de temperatura en función del tiempo en las cabezas de los rociadores de prueba para que éstas se accionen a los 2 minutos ±10 segundos. El mayor espaciamiento entre detectores de calor que logra disparar la alarma antes de que se accionen los rociadores se convierte en el espaciamiento listado para detectores de calor. Ver Figura A.1.



F = Prueba de incendio a, alcohol desnaturalizado, calibración 190. Pala ubicada aproximadamente a 0.9 m (3 pies) sobre el nivel del piso.

- ⊙ = Indica espaciados normales entre rociadores en esquemas de 3.1 m (10 pies)
- ⊙ = Indica espaciado normal entre detectores de calor en varios esquemas de espaciado.

Figura A.1 — Disposición de la prueba de incendio

A2.3.2.4 Si las dimensiones de la habitación, las condiciones ambientales y las características del incendio y de respuesta del detector son diferentes a las antes descritas, entonces la respuesta del detector de calor también debería ser diferente. Por lo tanto, la utilización de un espaciamiento diferente del listado puede justificarse mediante el uso de un enfoque basado en el desempeño, si las condiciones son las siguientes:

- (1) Los objetivos de diseño son diferentes al diseño de un sistema que funciona al mismo tiempo como un rociador durante la prueba de aprobación.
- (2) Se desea una respuesta más rápida del dispositivo.
- (3) Se requiere una respuesta del dispositivo a un incendio más pequeño del utilizado en la prueba.
- (4) Una adaptación a la geometría de la habitación diferente a la utilizada en el proceso de listado.
- (5) Otras consideraciones especiales, tales como la temperatura ambiente, el movimiento del aire, la altura del cielorraso u otra obstrucción son diferentes o no se encuentran contempladas en las pruebas de aprobación.
- (6) Se tiene en cuenta un incendio que no es de condición estable ni libera 1137 kW (1200 Btu/s).

A.2.3.3 El diseñador de los sistemas de alarmas de incendio debe tener conocimientos sobre las áreas aplicables relacionadas con la tarea de llevar a cabo un diseño basado en el desempeño, entre ellas la dinámica de un incendio, el diseño basado en el desempeño, la respuesta de los detectores, y demás, y aplicar estos principios con un firme criterio. Además, la mayoría de las jurisdicciones consideran al diseño de los sistemas de alarmas de incendio como un “trabajo de ingeniería”. Por consiguiente, requieren de ingenieros certificados para llevar a cabo dicho trabajo. Otras jurisdicciones permiten que tecnólogos lleven a cabo la disposición e instalación de los sistemas de alarmas de incendio, siempre que cumplan con los requisitos prescriptivos apropiados. Los diseñadores que apliquen un enfoque de diseño basado en el desempeño deberán revisar las leyes de certificación de ingenieros más relevantes de la jurisdicción en las que se desempeñan, ya que los diseños basados en el desempeño podrían muy probablemente ser considerados una obra de ingeniería y del tipo que requiera la acreditación de un ingeniero profesional. En Guidelines for Peer Review in the Fire Protection Design Process de SFPE brindan orientación a los ingenieros a quienes se les solicita que revisen por pares este tipo de diseño de ingeniería.

A.3 Enfoque basado en el desempeño para diseñar y analizar sistemas de detección de incendios

A.3.1 Visión general

Este subtema A.3.1 otorga una visión general de un enfoque sistemático para realizar un diseño basado en el desempeño o un análisis de un sistema de detección de incendios. Este enfoque ha sido analizado por Custer y Meacham y por SFPE Engineering Guide to Performance Based Fire Protection Analysis and Design y se resumirá a continuación dentro del contexto de diseño y análisis de sistemas de detección de incendios. (Ver figura A.2.) Este enfoque se ha dividido en dos fases: definición de metas y objetivos y diseño de sistema y evaluación.

A.3.2 Fase 1: Definición de metas y objetivos

A.3.2.1 Definición del alcance del proyecto

A.3.2.1.1 El paso inicial de este enfoque es identificar la información relativa al alcance global de trabajo en el proyecto, incluyendo las características del edificio, el propósito del diseño, la organización del grupo de diseño y construcción, las limitaciones sobre el diseño y la planificación del proyecto, la

construcción y características del edificio propuesto, peligros relevantes, el funcionamiento del edificio, características de los ocupantes, etc. También podría considerarse la inclusión de información adicional, como características de los cuerpos de bomberos, preservación histórica, administración del edificio y regulaciones aplicables.

A.3.2.1.2 Al definir el alcance del proyecto, el diseñador deberá identificar cuál de las tres situaciones incluidas en la tabla A.1 describe mejor el proyecto por realizar (es decir, un análisis basado en el desempeño de un sistema de detección existente en un edificio existente).

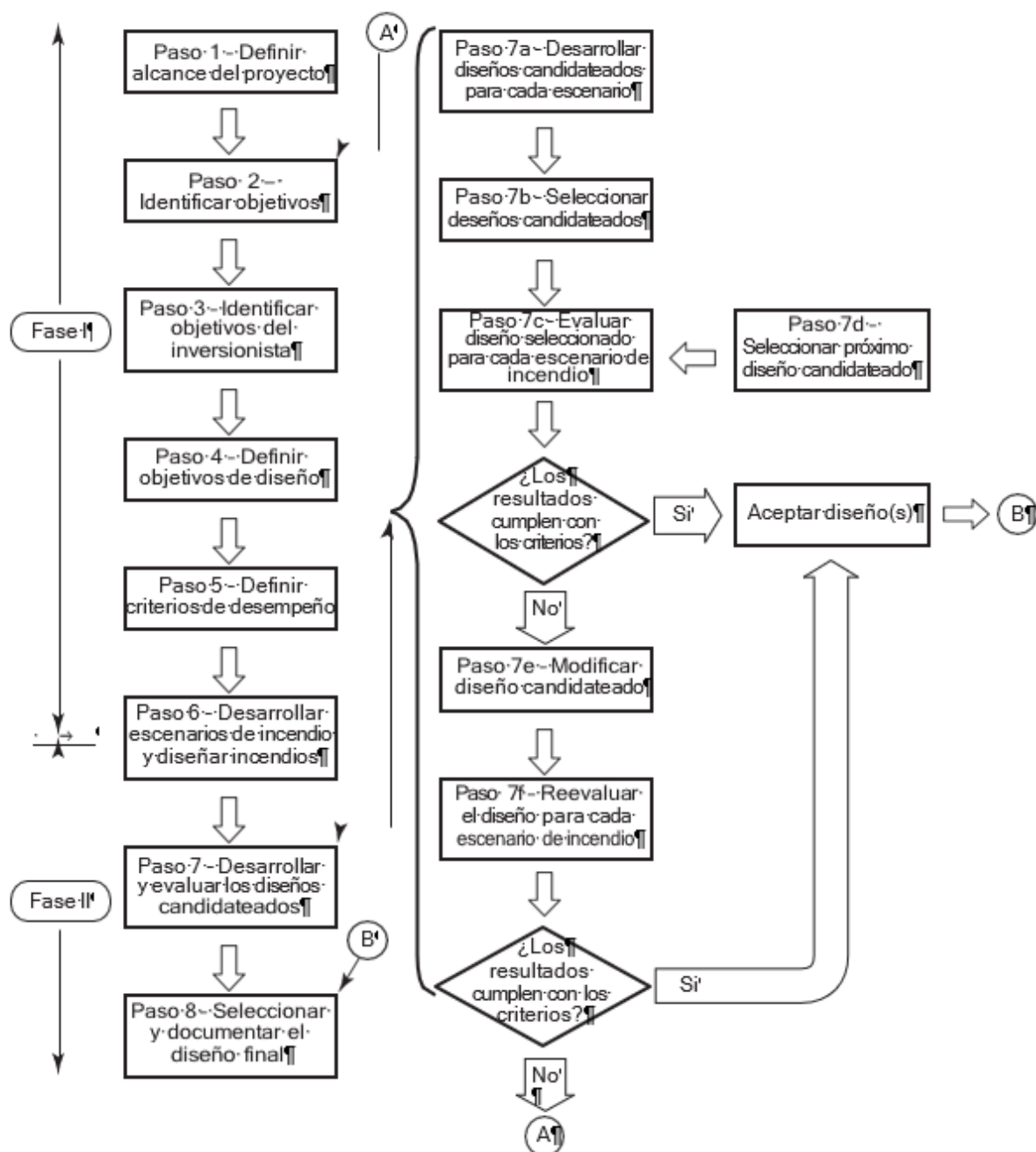


Figura A.2 — Visión general del proceso de diseño basado en el desempeño

A.3.2.2 Identificación de metas

A.3.2.2.1 Los elementos de protección contra incendio se adquieren a fin de alcanzar una o más de las siguientes cuatro metas.

- (1) Brindar seguridad Humana (ocupantes, empleados, bomberos, etc.).
- (2) Proteger la propiedad y el patrimonio (estructura, contenidos, etc.).
- (3) Mantener la continuidad de las operaciones (proteger la misión de los grupos de interés, la capacidad operativa, etc.).
- (4) Limitar el impacto ambiental del incendio (productos tóxicos, desperdicio de agua, etc.).

A.3.2.2.2 Las metas para la protección contra incendios son similares a otras metas en cuanto a que son fáciles de decidir, son cualitativas y no tienen una naturaleza controvertida. Expresan el resultado global que se desea alcanzar, es decir, proteger las vidas de los ocupantes de un edificio.

Tabla A.1 — Situación de diseño y análisis

Tipo de Edificio	Tipo de Sistema	Diseño/Análisis
Nuevo	Nuevo	Diseño
Existente	Nuevo	Diseño
Existente	Existente	Análisis

A.3.2.2.3 Al iniciar el proceso basado en el desempeño, los grupos de interés (es decir, el arquitecto, el propietario del edificio, la compañía aseguradora, los representantes de la construcción y de los bomberos, etc.), la autoridad competente y el ingeniero de diseño trabajan en conjunto para dar prioridad a las metas básicas de protección contra incendios. Las prioridades están basadas en el objetivo de los grupos de interés y en el edificio y sus ocupantes. Por ejemplo, la seguridad de vida es una prioridad en un hospital o estadio, mientras que la protección de la propiedad puede tener la misma prioridad en un depósito de grandes dimensiones o en un edificio histórico.

A.3.2.3 Identificación de los objetivos de los grupos de interés

A.3.2.3.1 Cada participante de los grupos de interés deberá establecer claramente qué considera pérdidas aceptables con relación a las diferentes metas estipuladas con anterioridad.

A.3.2.3.2 Los objetivos de los grupos de interés deberán determinar el grado de seguridad que sus participantes desean, necesitan o pueden pagar. “Ninguna pérdida humana dentro de la habitación de origen” es un ejemplo de objetivo o de afirmación de las pérdidas aceptables máximas por parte de los grupos de interés.

A.3.2.3.3 A menudo, los objetivos de los grupos de interés no se establecen en términos de ingeniería para la protección contra incendios.

A.3.2.3.4 Cabe destacar que, en un entorno de códigos basados en el desempeño, es probable que el código defina un objetivo de desempeño o un objetivo de los grupos de interés.

A.3.2.4 Definición de los objetivos de diseño

A.3.2.4.1 Los objetivos de los grupos de interés deberán establecerse y cuantificarse en términos de ingeniería para la protección contra incendios que describan de qué manera se alcanzarán dichos objetivos. Esto exige que los objetivos de diseño sean expresados cuantitativamente. Ver desde tabla A.2(a) hasta tabla A.2.(c).

A.3.2.4.2 El objetivo de diseño brinda una descripción de cómo se llevará a cabo el objetivo de los grupos de interés en términos de ingeniería de protección contra incendios con anterioridad a que se cuantifique esta descripción. El objetivo general queda reducido a términos de ingeniería de protección contra incendios explícitos y cuantitativos. Los objetivos explícitos de ingeniería de protección contra incendios ofrecen un parámetro de desempeño sobre el cual se evalúa el desempeño previsto de un diseño candidato.

A.3.2.5 Definición de criterios de desempeño

A.3.2.5.1 Una vez que se ha establecido el objetivo de diseño, entonces se desarrollan los criterios específicos expresados cuantitativamente que indican el logro del objetivo de desempeño.

A.3.2.5.2 Los criterios de desempeño brindan patrones o valores umbral que miden el éxito de un diseño potencial para alcanzar los objetivos de los grupos de interés y sus objetivos de diseño asociados.

Tabla A.2(a) — Definición de metas y objetivos: Seguridad humana

Meta de protección contra incendios	Brindar seguridad humana
Objetivo de los grupos de interés	Ninguna pérdida humana dentro de la habitación de origen
Objetivo de diseño	Mantener condiciones sostenibles dentro de la habitación de origen
Criterios de desempeño	Se debe mantener: Temperaturas por debajo de xx °C (°F) Visibilidad por encima de yy m (pies), Concentración de CO por debajo de zz ppm durante tt minutos

Tabla A.2(b) — Definición de metas y objetivos: Protección a la propiedad

Meta de protección contra incendios	Proveer protección a la propiedad
Objetivo de los grupos de interés	Ningún daño provocado por un incendio fuera de la habitación de origen
Objetivo de diseño	Limitar la propagación del fuego a la habitación de origen
Criterios de desempeño	Mantener la temperatura de la capa superior por debajo de xx °C (°F) y el nivel de radiación hacia el piso por debajo de yy kW/m ² (Btu/s·ft ²) para prevenir una combustión súbita ("flashover")

Tabla A.2(c) — Definición de metas y objetivos: Continuidad de las operaciones

Meta de protección contra incendios	Proveer continuidad de las operaciones
Objetivo de los grupos de interés	Prevenir cualquier clase de interrupción de las operaciones comerciales por más de 2 horas
Objetivo de diseño	Limitar la temperatura y la concentración de HCl a niveles aceptables para continuar el funcionamiento del equipamiento
Criterios de desempeño	Proveer una detección adecuada para que el funcionamiento del sistema de supresión gaseosa mantenga las temperaturas por debajo de xx °C (°F) y los niveles de HCl por debajo de yy ppm

A.3.2.5.3 La cuantificación de los objetivos de diseño en criterios de desempeño implica la determinación de las tensiones generadas por el incendio que son un reflejo de los objetivos de pérdida establecidos. Los criterios de desempeño pueden expresarse en una serie de términos, tales como temperatura, flujo radiante, índice de liberación de calor, o concentración de agentes tóxicos o corrosivos que no deben excederse.

A.3.2.5.4 Una vez que se establecen los criterios de desempeño del diseño, se aplican factores de seguridad adecuados para obtener criterios de diseño de trabajo. Los criterios de diseño de trabajo reflejan el desempeño que el sistema de detección debe lograr. Este nivel de desempeño debe permitir la realización de acciones apropiadas (por ejemplo, la activación de sistemas de supresión, el egreso de ocupantes, la notificación al cuerpo de bomberos, etc.) para poder alcanzar los objetivos. Un diseño aceptable de sistema de detección de incendios indica la presencia de un incendio durante su etapa inicial a fin de permitir que los otros sistemas de protección satisfagan o excedan los criterios relevantes de desempeño establecidos para dichos sistemas.

A.3.2.5.5 A través del proceso identificado como Fase I y II, deberá mantenerse una comunicación fluida con las autoridades competentes con el fin de examinar y consensuar una opinión generalizada sobre el enfoque que se está aplicando. Recomendamos que la comunicación se inicie lo más tempranamente posible dentro del proceso de diseño. La autoridad competente también debería participar en la creación de los criterios de desarrollo. A menudo, para que se acepte un diseño basado en el desempeño en lugar de un diseño basado en un enfoque normativo se debe apelar a la demostración de equivalencias. Este método se denomina método comparativo, a través del cual el diseñador puede demostrar que el diseño basado en el desempeño responde de la misma manera, o incluso mejor, que un sistema diseñado mediante el enfoque normativo.

A.3.3 Fase II: Diseño y evaluación del sistema

A.3.3.1 Desarrollo de escenarios de incendio

A.3.3.1.1 Generalidades

A.3.3.1.1.1 Un escenario de incendio define el desarrollo del mismo y la propagación de productos combustibles a través de una habitación o edificio. El escenario de un incendio establece una serie de condiciones consideradas una amenaza para un edificio y sus ocupantes y/o sus contenidos y, por lo tanto, debería tenerse en cuenta durante el diseño de las características de protección contra incendios de la estructura.

A.3.3.1.1.2 El proceso de desarrollar un escenario de incendio es una combinación del análisis de peligros y de riesgos. El análisis de peligros identifica fuentes de ignición potenciales, combustibles y desarrollo del incendio. El riesgo es la probabilidad del hecho multiplicado por sus consecuencias. El análisis de riesgo analiza el impacto del incendio sobre sus alrededores o elementos objetivo.

A.3.3.1.1.3 El escenario del incendio debería incluir la descripción de una serie de condiciones, como características del edificio, de los ocupantes y del incendio en sí.

A.3.3.1.2 Características del edificio

A.3.3.1.2.1 Las características del edificio deberán incluir los siguientes elementos:

- (1) Configuración (superficie, altura del cielorraso, configuración del cielorraso como el caso de vigas planas o con pendiente, ventanas y puertas y propiedades termodinámicas).
- (2) Medio ambiente (temperatura ambiente, humedad, ruido de fondo, etc.).
- (3) Equipos (equipos generadores de calor, HVAC, equipos de fabricación, etc.).
- (4) Características de funcionamiento (ocupación, horarios, etc.).
- (5) Ubicaciones clave.
- (6) Fuentes potenciales de ignición.
- (7) Factores de preservación estéticos o históricos.

A.3.3.1.2.2 Deberán tenerse en cuenta los elementos objetivo, es decir, las áreas asociadas con los objetivos de los grupos de interés, a lo largo del recorrido calculado de propagación de las llamas, calor, u otros productos combustibles.

A.3.3.1.3 Características de los ocupantes

A.3.3.1.3.1 Las características de los ocupantes incluyen lo siguiente:

- (1) Actitud alerta (se encuentran durmiendo, despiertos, etc.).
- (2) Edad.
- (3) Movilidad.
- (4) Cantidad de personas y ubicación dentro del edificio.
- (5) Sexo.
- (6) Receptividad.
- (7) Conocimiento del edificio.
- (8) Problemas mentales.

A.3.3.1.3.2 El comportamiento humano desempeña un papel clave en la seguridad humana, al igual que con otras metas de seguridad contra incendios. (Ver SFPE Engineering Guide to Human Behavior in Fire). Las posibles acciones que podrían tomarse cuando se detecta un incendio, así como también el tipo de reacción que se tiene cuando se oye una alarma merecen una consideración aparte. Estas acciones pueden incluir alertar y rescatar a otros miembros de la familia, recoger pertenencias, interpretar o verificar el mensaje, detener los procesos. También se debería analizar cómo responden las personas cuando se encuentran solas o en grupo.

A.3.3.1.3.3 Una vez que se hayan analizado las características y el comportamiento de los ocupantes, también se podría desear establecer los tiempos de evacuación. Es necesario tener en cuenta una vez más una serie de factores, como cantidad de ocupantes, distribución por el edificio, tiempos previos al desplazamiento, motivación, estado de vigilia, familiaridad, capacidad y distribución de los medios de egreso.

A.3.3.1.3.4 Debido a la naturaleza del comportamiento humano, resulta difícil cuantificar con precisión los movimientos y tiempos de evacuación de los ocupantes de un edificio. Por eso, deberá prestarse especial atención a los supuestos e incertidumbres inherentes a las características de los ocupantes.

A.3.3.1.4 Características del incendio

A.3.3.1.4.1 Las características del incendio incluyen los siguientes puntos:

(1) Fuentes de ignición: temperatura, energía, tiempo y área de contacto con combustibles potenciales.

(2) Combustibles iniciadores:

(a) Estado. Los combustibles pueden encontrarse en diferentes estados (es decir, sólido, líquido o gaseoso). Cada estado tiene características de combustión completamente diferentes (es decir, las de un bloque sólido de madera difieren de las de virutas de madera o madera en polvo).

(b) Tipo y cantidad de combustible. El desarrollo y la duración de un incendio también dependen del elemento que se está quemando. Los materiales celulósicos se queman de manera muy diferente a los plásticos o líquidos inflamables, en cuanto a que producen distintos índices de crecimiento de incendios y de liberación de calor, además de diferentes productos de combustión.

(c) Configuración de los combustibles. La disposición geométrica del combustible también puede influir en las tasas de crecimiento del incendio y de liberación de calor. Un bloque de madera se quema de una manera muy distinta a una cuna del mismo material, ya que cuenta con una mayor superficie y ventilación, y la retroalimentación de radiación entre los materiales combustibles se ve incrementada.

(d) Ubicación del combustible. La ubicación del combustible (es decir, contra la pared, en un rincón, sin tocar nada, contra el cielorraso) influye en el desarrollo del incendio. Los incendios iniciados en el rincón de una habitación o contra una pared generalmente se desarrollan con más rapidez que un incendio ubicado en el centro.

(e) Índice de emisión de calor. El índice de liberación de calor depende del calor de combustión del combustible, el índice de pérdida de masa, la eficiencia de combustión y la cantidad de flujo térmico incidente. El índice de pérdida de masa también está relacionado en forma directa con la tasa de producción de humo, gases tóxicos y otros productos de la combustión.

(f) Índice de crecimiento del incendio. La variación de los índices de crecimiento de incendios depende del tipo de combustible, la configuración y el grado de ventilación. En algunos casos, como en los incendios confinados con líquidos inflamables, no hay un crecimiento, ya que el área se encuentra bien delimitada. A estos casos se los denomina incendios de condición estable. Cuanto más rápido se desarrolle un incendio, más rápido se elevará la temperatura, al igual que los productos de la combustión.

(g) Índice de producción de productos de combustión (humo, CO, CO₂, etc.). Del mismo modo que las características de los combustibles difieren unas de otras, también lo hará el tipo de cantidad de materiales generados durante la combustión. Los índices de producción de agentes pueden estimarse de acuerdo con la liberación de agentes, que son representativos de la masa de agentes producida por unidad de masa de pérdida de combustible.

(3) Combustibles secundarios: proximidad a combustibles iniciadores, cantidad, distribución, facilidad de ignición, (ver combustibles iniciadores) y potencial de extensión (más allá de la habitación, estructura, superficie, si está en el exterior).

A.3.3.1.4.2 El siguiente es un ejemplo de escenario de incendio en una sala de computación.

A.3.3.1.4.2.1 La sala de computación mide 9.1 m × 6 m (30 pies × 20 pies) y alcanza los 2.8 m (8 pies) de altura. La ocupan 12 horas por día, 5 días a la semana. Los ocupantes no tienen problemas de desplazamiento y conocen bien la distribución del edificio. No hay sistemas fijos de supresión de incendios que protejan el lugar. El cuerpo de bomberos puede llegar al lugar en 6 minutos, y se necesitan 15 minutos adicionales para verificar la evolución del incendio en el lugar.

A.3.3.1.4.2.2 El recalentamiento de una resistencia eléctrica genera la ignición de una tarjeta de circuitos impresa y del cableado de interconexión. Esta situación genera un incendio que rápidamente se extiende hacia el espacio del cielorraso, en donde hay cableados de electricidad y de comunicación. El quemado de este cableado genera grandes cantidades de un humo denso y ácido y productos corrosivos de la combustión que se esparcen en todo el cuarto de computación. Esto provoca la pérdida de servicios esenciales informáticos y de telecomunicaciones durante dos meses.

A.3.3.2 Desarrollo de incendios de diseño

A.3.3.2.1 Generalidades

A.3.3.2.1.1 El incendio de diseño es el tipo de incendio que el sistema deberá detectar. Cuando se especifica un incendio de diseño, los detalles relacionados a la ignición, crecimiento, potencia regular (si fuera apropiado) y extinción del incendio se expresan de manera cuantitativa. Existen técnicas de análisis para identificar escenarios de incendio, tales como los enfoques probabilísticos que utilicen diferentes fuentes de información:

- (1) Estadísticas de incendio (ignición, primeros elementos en encenderse, etc.).
- (2) Antecedentes.
- (3) Análisis de riesgo/fallas.
- (4) Modos de falla y análisis de consecuencias (FMEA).
- (5) Diagramas de eventos.

(6) Diagramas de fallas.

(7) Estudios HAZOP.

(8) Análisis de causas y consecuencias.

A.3.3.2.1.2 Los enfoques deterministas utilizan análisis o cálculos de ingeniería basados en la química o la física, o correlaciones basadas en información experimental.

A.3.3.2.1.3 La selección del del escenario de incendio de diseño y las técnicas de análisis de apoyo deberían ser adecuadas a las instalaciones o los procesos. Si se elige un escenario inapropiado o se realiza un análisis erróneo, podrían obtenerse como resultado diseños conservadores que no son económicos o diseños que poseen riesgos inaceptables.

A.3.3.2.1.4 El desarrollo del incendio varía según las características de combustión del/de los combustible/s involucrado/s, la configuración física de los combustibles, la disponibilidad de aire para la combustión y las influencias del compartimiento en cuestión. Una vez que se alcanza una llama estable, la mayoría de los incendios crecen con un patrón de aceleración (ver figura A.2), llegan a un estado regular caracterizado por un índice de liberación de calor máximo, y luego ingresan a un período de extinción debido a que la disponibilidad de combustible o aire para la combustión se ve limitada. El crecimiento y desarrollo del incendio se encuentran limitados por factores como la cantidad de combustible, el arreglo de combustible, la cantidad de oxígeno y el efecto de los sistemas de supresión manuales y automáticos.

A.3.3.2.1.5 Existe muy poca información disponible sobre incendios de diseño con un período sin llama. Por lo tanto, el ingeniero de diseño debería tener mucho cuidado al especificar la duración de dicho período. El índice de crecimiento del incendio de incendios con llama está determinado por una variedad de factores, incluyendo los siguientes:

(1) Tipo de combustible y facilidad de ignición.

(2) Configuración y orientación del combustible.

(3) Ubicación de paquetes secundarios de combustible.

(4) Proximidad del incendio a paredes y esquinas.

(5) Altura del cielorraso.

(6) Ventilación

A.3.3.2.1.6 Es importante destacar cuando se utiliza información de liberación de calor que el combustible encendido, al igual que el compartimiento en el que se está quemando, deberá considerarse de manera conjunta. Un sofá puede generar el calor suficiente para provocar una combustión súbita en un compartimiento pequeño, mientras que el mismo sofá ubicado en un compartimiento amplio con cielorrasos altos puede provocar un incendio limitado y nunca alcanzar una combustión súbita.

A.3.3.2.1.7 Es Deberán revisarse varias fuentes para desarrollar el diseño de control incendios de, incluyendo el Manual de Ingeniería de Protección contra Incendios de SFPE (SFPE Handbook of Fire Protection Engineering); NFPA 101, NFPA 5000 y la Guía de ingeniería de SFPE para el análisis de la

protección contra incendios y el diseño de edificios basado en el desempeño (SFPE Engineering Guide to Performance Based Fire Protection Analysis and Design of Buildings).

A.3.3.2.1.8 Los diseñadores podrían también tener que tomar en consideración incendios que pudieran estar relacionados con eventos extremos. Estos pueden ser tanto incendios que se usan para generar eventos extremos como incendios inducidos por un evento extremo posterior. Si estos se consideraran verosímiles, los diseñadores deberán entonces tomarlos en cuenta como incendios de diseño y también con respecto a la confiabilidad, redundancia y solidez en general del sistema de detección para funcionar durante este tipo de eventos.

A.3.3.2.2 Índices de liberación de calor

A.3.3.2.2.1 Los incendios pueden caracterizarse por su índice de liberación de calor, medido en función de la cantidad de kW (Btu/s) de calor liberado. En las tablas A.4 (a) y A.4(c) se describen los índices máximos de liberación de calor (Q_m) para una serie de combustibles y configuraciones de combustibles diferentes. El índice de liberación de calor puede describirse como el producto de la densidad de liberación de calor y la superficie del incendio, mediante la ecuación A.1:

$$Q_m = qA \quad (A.1)$$

dónde:

Q_m = índice máximo de liberación de calor [kW (Btu/s)]

q = densidad del índice de liberación de calor por unidad de área del piso [kW/m² (Btu/s·pies²)].

A = área del piso del combustible [m² (pies²)].

A.3.3.2.2.2 Incluiremos el siguiente ejemplo: Un análisis particular de riesgos se llevará a cabo en un escenario de incendios en el que se encuentra almacenada una pila de palets de madera de 3.05 m × 3.05 m (10 pies × 10 pies) y de 1.5 m (5 pies) de altura. ¿Qué índice máximo de liberación de calor puede esperarse?

A.3.3.2.2.2.1 Según la tabla A.4(a), la densidad del índice de liberación de calor (q) para pales de madera de 1.5 m (5 pies) de altura es aproximadamente 3745 kW/ m² (330 Btu/s·pies²).

A.3.3.2.2.2.2 El área es de 3.05 m × 3.05 m (10 pies × 10 pies), o 9.29 m² (100 pies²). Si utilizamos la ecuación de A.1 para determinar el índice de liberación de calor, obtendremos el siguiente resultado:

$$3745 \times 9.29 = 34791 \text{ kW} \quad (330 \times 100 = 33.000 \text{ Btu/s})$$

A.3.3.2.2.2.3 Como se indica en la tabla A.4(a), este tipo de incendio generalmente produce un índice de crecimiento de medio a rápido que alcanza los 1055 kW (1000 Btu/s) en aproximadamente 90 a 190 segundos.

A.3.3.2.3 Índice de crecimiento del incendio.

A.2.3.2.3.1 También se puede definir a los incendios por su índice de crecimiento o el tiempo (t_g) que le lleva alcanzar un índice de liberación de calor determinado. Una investigación anterior demostró que la mayoría de los incendios crecen de manera exponencial y pueden expresarse mediante el “modelo de incendio de crecimiento cuadrático”, analizado a continuación:

$$Q = t^p \quad (A.2)$$

dónde:

Q = índice de liberación de calor (kW o Btu/s)

t = tiempo (segundos)

$p = 2$

A.3.3.2.3.2 En protección contra incendios, los paquetes de combustible a menudo poseen un tiempo de crecimiento (t_g). Ese es el tiempo necesario para que un paquete de combustible alcance un índice de liberación de calor de 1055 kW (1000 Btu/s) después de la ignición con una llama estable. Las siguientes ecuaciones A.3, A.4 y A.5 describen el crecimiento de incendios de diseño:

$$Q = \frac{1055}{t_g^2} t^2 \quad (\text{para unidades SI}) \quad (\text{A.3})$$

$$Q = \frac{1000}{t_g^2} t^2 \quad (\text{para unidades pulgada-libra}) \quad (\text{A.4})$$

y por lo tanto

$$Q = \alpha t^2 \quad (\text{A.5})$$

dónde:

Q = índice de liberación de calor [kW o (Btu/s)]

α = índice de crecimiento de incendio [1055/ t_g^2 (kW/s²) o 1000/ t_g^2 (Btu/s³)]

t_g = tiempo de crecimiento del incendio hasta alcanzar 1055 kW (1000 Btu/s) después del nivel de combustión establecido.

t = tiempo después de que ocurre el nivel de combustión establecido (segundos)

A.3.3.2.3.3 La tabla A.4(a) y la tabla A.4(e) asignan valores para t_g , el tiempo necesario para alcanzar un índice de liberación de calor de 1055 kW (1000 Btu/s), para una variedad de materiales en diferentes configuraciones.

A.3.3.2.3.4 Se han utilizado los datos de 40 pruebas calorimétricas realizadas en muebles, como se indica en la tabla A.4(e), para verificar el modelo de incendio de crecimiento cuadrático, $Q = \alpha t^2$ [14] Como referencia, la table contiene los números de prueba utilizados en los informes NIST originales.

A.3.3.2.3.4.1 El tiempo de origen virtual (t_v) es el momento en el cual aparece una llama estable y los incendios comienzan a seguir el modelo de incendio de crecimiento cuadrático. Con anterioridad a t_v , los combustibles pueden haberse encendido, pero no se quemaron violentamente con una llama abierta. Las curvas del modelo se predicen mediante las siguientes ecuaciones A.6^a hasta A.6c:

$$Q = \alpha (t - t_v)^2 \quad (\text{A.6a})$$

y

$$Q = \left(\frac{1055}{t_g^2} \right) (t - t_v)^2 \quad (\text{para unidades SI}) \quad (\text{A.6b})$$

ó

$$Q = \left(\frac{1000}{t_g^2} \right) (t - t_v)^2 \quad (\text{para unidades pulgada-libra}) \quad (\text{A.6c})$$

dónde:

Q = índice de liberación de calor [kW o (Btu/s)]

α = índice de crecimiento de incendio [1055/tg² (kW/seg²) o 1000/t² (Btu/seg³)]

t_g = tiempo de crecimiento de incendio hasta alcanzar 1055 kW (1000 Btu/s)

t = tiempo después de que ocurre el nivel de combustión establecida (segundos)

t_v = tiempo virtual de origen (segundos)

A.3.3.2.3.5 La figura A.3 es un ejemplo de datos de prueba reales con una curva cuadrática superpuesta.

A.3.3.2.3.6 A los fines del presente anexo, los incendios se clasifican como de desarrollo lento, medio o rápido desde el momento en que ocurre la combustión establecida hasta que alcanzan un índice de liberación de calor de 1055 kW (1000 Btu/s). Los resultados de la tabla A.3 se obtienen después de utilizar las relaciones analizadas con anterioridad. [Ver también tabla A.4(a)].

A.3.3.2.4 Altura de la llama

B.3.3.2.4.1 Existe una serie de alturas de llama disponible para las correlaciones del índice de liberación de calor que puede utilizarse a fin de determinar un incendio de diseño apropiado. Las diferencias en las diversas correlaciones surgen de los diferentes conjuntos de datos y métodos de cálculo de ajuste a la curvados. Las líneas de la figura A.3 provienen de la siguiente ecuación:

$$h_f = 0.182(kQ)^{2/5} \quad (\text{para unidades SI}) \quad (\text{A.7a})$$

o

$$h_f = 0.584(kQ)^{2/5} \quad (\text{para unidades pulgada-libra}) \quad (\text{A.7b})$$

dónde:

h_f = altura de la llama (m o pies)

k = factor del efecto pared

Q = Índice de liberación de calor (kW o Btu/s)

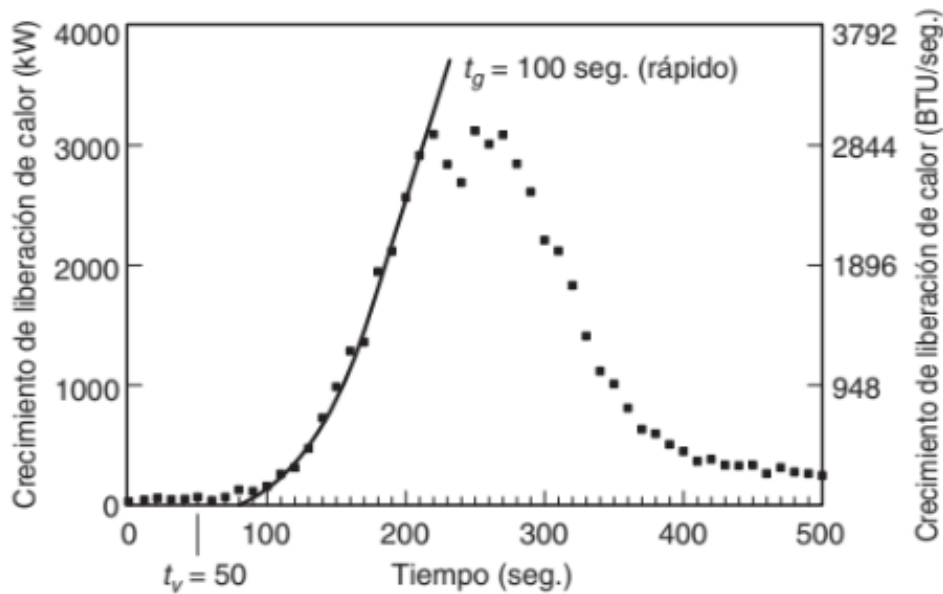


Figura A.3 — Prueba 38, sofá de goma espuma (Cortesía de R. P. Schifiliti Associates, Inc.)

A.3.3.2.4.1.1 Donde no haya paredes cercanas, deberá utilizarse $k = 1$.

A.3.3.2.4.1.2 Cuando el paquete de combustible se encuentre cerca de una pared, deberá utilizarse $k = 2$.

A.3.3.2.4.1.3 Cuando el paquete de combustible se encuentre en un rincón, debe utilizarse $k = 4$.

A.3.3.2.4.2 Incluiremos el siguiente ejemplo: ¿Cuál es la altura de llama promedio de un incendio con un índice de liberación de calor de 1055 kW (1000 Btu/s) ubicado en el medio de un compartimiento?.

A.3.3.2.4.2.1 En la figura A.4, puede verse el índice de liberación de calor sobre la abscisa y la altura de llama estimada sobre la ordenada, o pueden utilizarse las ecuaciones A.7.a o A.7b:

$$h_f = 0.182(kQ)^{2/5} \quad (\text{para unidades SI}) \quad (\text{A.8a})$$

o

$$h_f = 0.584(kQ)^{2/5} \quad (\text{para unidades pulgada-libra}) \quad (\text{A.8b})$$

o

$$h_f = 0.182(1 \times 1.055 \text{ kW})^{2/5} \quad (\text{A.8c})$$

o

$$h_f = 0.584(1 \times 1.000 \text{ Btu/s})^{2/5} \quad (\text{A.8d})$$

o

$$h_f = 2.8 \text{ m}(9.25 \text{ pies}) \quad (\text{A.8e})$$

derivó otra correlación:

$$I = 0.235 Q^{2/5} - 1.02 D \quad (\text{A.8f})$$

dónde:

I = altura de llama (m)

Qc = índice de liberación de calor por convección (kW)

D = diámetro de la cama de combustible

A.3.3.2.4.2.2 Estas correlaciones no efectuarán la misma predicción cuando se las utiliza para exactamente la misma información de ingreso. Existe una incertidumbre inherente en la altura de la llama calculada debido al hecho de que la combustión con llama en el régimen de difusión es un fenómeno dinámico. El diseñador deberá considerar múltiples predicciones con valores delimitados a fin de contemplar la incertidumbre inherente de las correlaciones.

A.3.3.2.5 Selección de un tamaño crítico de incendios

A.3.3.2.5.1 Ya que todos los medios de control de incendios requieren un tiempo de operación limitado, existe una diferencia crucial entre el momento en el que el incendio deberá detectarse y el momento en que alcanza la magnitud del incendio de diseño. El hecho de que se haya detectado un incendio no significa que éste vaya a dejar de crecer. Generalmente los incendios crecen de manera exponencial hasta que se ven controlados a través de la ventilación o por la disponibilidad del combustible, o hasta que se inicia alguna clase de supresión o extinción del incendio. La figura A.5 demuestra que puede haber un incremento significativo en el índice de liberación de calor mediante sólo un cambio pequeño en el tiempo debido al índice de crecimiento exponencial del incendio.

A.3.3.2.5.1.1 Una vez que los objetivos de diseño y los incendios de diseño han sido establecidos, el diseñador deberá determinar dos puntos de la curva de incendio de diseño: Q_{DO} y Q_{CR}.

Tabla A.3 — Índices de crecimiento de liberación de calor

Índices del crecimiento del incendio	Tiempo de crecimiento (t _g)	α (kW/s ²)	α (Btu/s ³)
Lento	t _g ≥ 400 s	α ≤ 0.0066	α ≤ 0.0063
Medio	150 ≤ t _g < 400 s	0.0066 < α ≤ 0.0469	0.0063 < α ≤ 0.0445
Rápido	t _g < 150 s	α > 0.0469	α > 0.0445

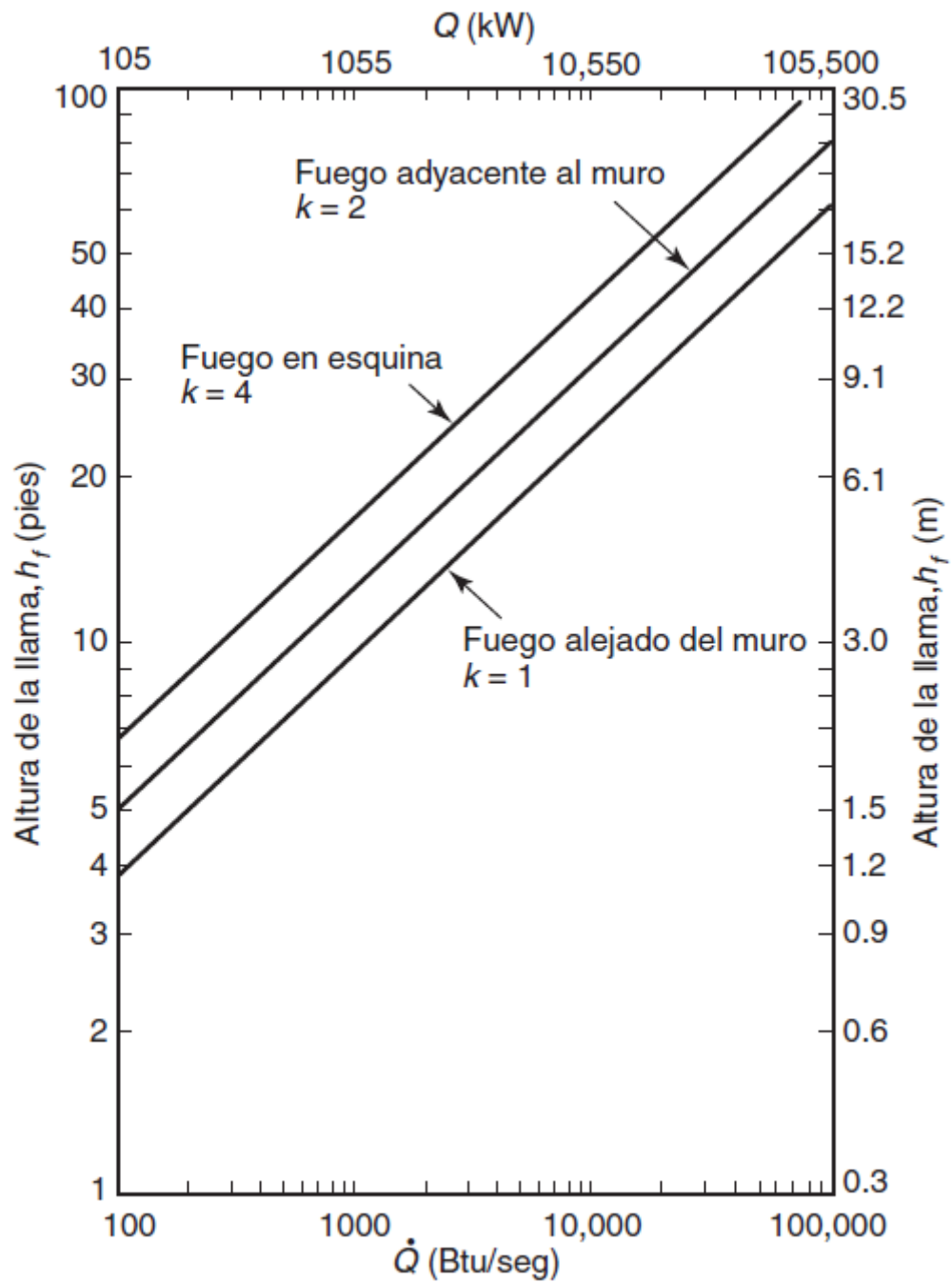


Figura A.4 — Índice de liberación de calor vs altura de la llama

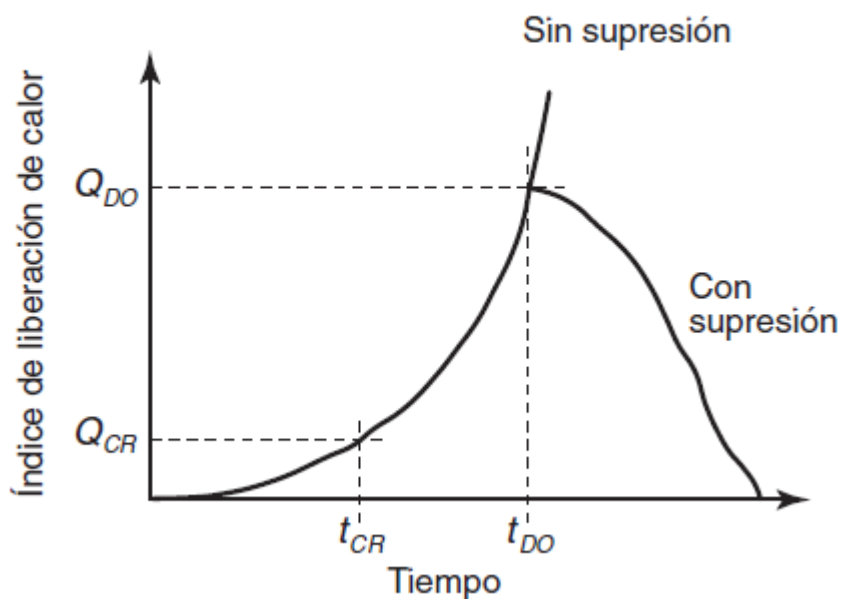


Figura A.5 — Índices de liberación de calor crítico y de diseño de objetivos Vs. Tiempo

A.3.3.2.5.2 Q_{DO} representa el índice de liberación de calor, o índice de liberación de producto, que genera condiciones representativas del objetivo de diseño. Se lo denomina “incendio de diseño”. Sin embargo, Q_{DO} no representa el momento exacto en el que se necesita la detección. La detección deberá realizarse lo antes posible durante el desarrollo del incendio para permitir los tiempos de reacción intrínsecos a la detección al igual que el tiempo de operación necesario para activar los sistemas de supresión o extinción. Desde que suene la alarma habrá demoras en la detección del incendio como en la respuesta del equipo, o por parte de las personas.

A.3.3.2.5.3 Se identifica un tamaño crítico de incendio (Q_{CR}) sobre la curva, que da cuenta de las demoras en la detección y la respuesta. Este punto representa el tamaño máximo permitido de un incendio en el que debe dispararse la detección que permita los pasos a seguir adecuados para que el incendio no exceda el objetivo de diseño (Q_{DO}).

A.3.3.2.5.4 Las demoras son inherentes tanto al sistema de detección como a la respuesta del equipo o las personas que deberán reaccionar una vez que se ha detectado un incendio. Dentro de las demoras asociadas con el sistema de detección podemos señalar un retraso en el transporte de productos combustibles desde el incendio hasta el detector y el tiempo de retardo de la respuesta del detector, el tiempo de verificación de la alarma, el tiempo del procesamiento del detector y el tiempo del procesamiento del panel de control. También pueden producirse demoras con el uso de sistemas automáticos de extinción o de supresión de incendios. Las demoras pueden introducirse mediante la verificación de alarmas o los sistemas de detección de zona cruzada, los tiempos de carga y descarga de los sistemas de reacción, demoras en la liberación del agente requerido para la evacuación de los ocupantes (por ejemplo, sistemas de CO_2), y el tiempo necesario para lograr la extinción.

A.3.3.2.5.5 Los ocupantes no siempre responden de manera inmediata a una alarmas de incendio. Al evaluar la seguridad de los ocupantes, se deberán tener en cuenta los siguientes puntos:

- (1) El tiempo que le lleva a los ocupantes oír la alarma (debido a que duermen o al ruido del equipo de fabricación).
- (2) El tiempo para descifrar el mensaje (por ejemplo, sistemas de alarma de voz).
- (3) El tiempo para decidir una evacuación (vestirse, tomar ciertas pertenencias, llamar al personal de seguridad).
- (4) El tiempo para desplazarse hacia una salida.

A.3.3.2.5.6 La respuesta del cuerpo de bomberos o brigada de incendios ante un incendio involucra una serie de acciones diferentes que deberán ocurrir en forma secuencial antes de que puedan iniciarse los esfuerzos de contención y extinción del incendio. Estas acciones también deberán tenerse en cuenta a fin de diseñar adecuadamente sistemas de detección que alcancen los objetivos de diseño. Estas acciones típicamente incluyen lo siguiente:

- (1) Detección (demoras del detector, demoras de la unidad de control, etc.).
- (2) Notificación a la estación de monitoreo (remota, estación central, de la propiedad, etc.).
- (3) Notificación del departamento de bomberos.
- (4) Tiempo de manejo de la alarma en el departamento de bomberos.
- (5) Tiempo de reacción de los bomberos en el departamento.
- (6) Tiempo de desplazamiento hasta el lugar del incidente.
- (7) Acceso al lugar.
- (8) Tiempo de preparación en el lugar.
- (9) Acceso al edificio.
- (10) Acceso al piso del incendio.
- (11) Acceso al área afectada.
- (12) Aplicación de elementos extintores en el fuego.

A.3.3.2.5.7 A menos que existan condiciones que limiten la disponibilidad de aire para la combustión o la disponibilidad de combustibles, el crecimiento del incendio o el daño resultante no se detienen hasta que la supresión haya comenzado. Se deberá cuantificar y documentar el tiempo necesitado para ejecutar cada uno de los pasos de la secuencia de acciones en respuesta al incendio. Al diseñar un sistema de detección, la suma del tiempo necesario para cada paso durante la secuencia de respuesta (t_{delay}) deberá restarse del tiempo en el cual el incendio alcanza el objetivo de diseño (t_{DO}) a fin de poder determinar el tiempo más corto y el tamaño del incendio (Q_{CR}) dentro del desarrollo del incendio en el que puede llevarse a cabo la detección e igual alcanzar el objetivo de diseño del sistema.

A.3.3.2.5.8 Los escenarios de incendio y los incendios de diseño seleccionados deberían incluir la mejor y la peor de las condiciones y las probabilidades de que ocurran. Es importante tener en cuenta diferentes condiciones y situaciones y sus consecuencias cuando se brinda una respuesta.

A.3.3.2.6 Fuentes de datos

A.3.3.2.6.1 Para realizar una curva de incendio de diseño, se necesita información concerniente a las características de combustión de los objetos involucrados. La información puede obtenerse de literatura técnica o mediante la realización de pruebas calorimétricas de pequeña o gran escala.

A.3.3.2.6.2 Parte de la información se incluye en la figura A.6 y en las tablas A.4 (a) a A.4(e).

A.3.3.2.6.3 Los gráficos de los datos sobre liberación de calor de las 40 pruebas calorimétricas realizadas en muebles pueden encontrarse en Investigación de Prueba de Aprobación de Sensibilidad de Nuevos Rociadores. Prueba de Inmersión. Las curvas de crecimiento cuadrático de incendios de mejor ajuste han sido añadidas a los figuras. La información proveniente de las curvas puede utilizarse junto a esta guía para diseñar o analizar sistemas de detección de incendios concebidos para responder cuando ítems similares se queman bajo un cielorraso plano. La tabla A.4 (e) es un resumen de la información.

A.3.3.2.6.4 Además de información sobre índices de liberación de calor, los informes NIST originales contienen datos sobre conversión del particulado y radiación de las muestras de prueba. Esta información puede utilizarse para determinar el tamaño límite de un incendio (índice de liberación de calor) en el que la situación deja de ser sostenible o el punto en el que los paquetes adicionales de combustible pueden llegar a participar del incendio.

A.3.3.2.6.5 Las publicaciones Fire Protection Handbook (Manual de Protección contra Incendios de NFPA), Manual de Ingeniería de Protección contra Incendios de SFPE (SFPE Handbook of Fire Protection Engineering) e Índices de Liberación de Calor en Muebles Tapizados Medidos con Calorímetro de Mobiliarios (Upholstered Furniture Heat Release Rates Measured with a Furniture Calorimeter); contienen más información sobre índices de liberación de calor e índices de crecimiento de incendios.

A.3.3.2.6.6 Pueden llevarse a cabo una serie de búsquedas de información técnica mediante un gran número de recursos, como FIREDOC, una base de documentos sobre incendios a cargo de NIST.

A.3.3.2.6.7 Una serie de curvas de incendios de diseño forman parte del programa informático "Fastlite", disponible en NIST.

A.3.3.2.6.8 Además, existen diversas organizaciones que llevan a cabo pruebas y publican los resultados de muchos de los datos de prueba en sus sitios web, entre ellas la British Research Establishment (BRE Institución de Investigación Británica) del Reino Unido, el Worcester Polytechnic Institute (Instituto Politécnico de Worcester), y la Base de datos de pruebas de incendio FASTData del NIST.

Tabla A.4(a) — Tasas máximas de liberación de calor: materiales en depósito

Materiales de depósito		Tiempo de crecimiento (t _g)	Densidad de liberación de calor (q)		Clasificación
		(s)	kW/m ²	Btu/spies ²	
1	Paletas de madera, apiladas, 0.46 m (1½ pies) de altura (6%–12% humedad)	150–310	1.248	110	rápida-media
2	Paletas de madera, apiladas, 1.52 m (5 pies) de altura (6%–12%)	90–190	3.745	330	rápida
3	Paletas de madera, apiladas, 3.05 m (10 pies) de altura (6%–12% humedad)	80–110	6.810	600	rápida
4	Paletas de madera, apiladas, 4.88 m (16 pies) de altura (6%–12% humedad).	75–105	10.214	900	rápida
5	Bolsas de correo, almacenadas a 1.52 m (5 pies) de altura	190	397	35	media
6	Cajas de cartón, con compartimentos, apiladas a 4.57 m (15 pies) de altura	60	2.270	200	rápida
7	Papel, rollos verticales, apilados a 6.10 m (20 pies) de altura	15–28	—	—	*
8	Algodón (también PE, PE algodón, acrílico/nylon, PE), prendas de vestir en estanterías de 3.66 m (12 pies) de altura.	20–42	—	—	*
9	Cajas de cartón en paletas, almacenamiento en estanterías, 4.57 m– 9.14 m (15 pies–30 pies) de altura.	40–280	—	—	rápida-media
10	Productos de papel, densamente empaquetados en cajas de cartón almacenamiento en estanterías, 6.10 m (20 pies) de altura	470	—	—	lenta
11	Bandejas para cartas de PE, llenas, almacenadas a 1.52 m (5 pies) sobre carretillas móviles	190	8.512	750	media
12	Barriles de basura de PE, almacenados a 4.57 m (15 pies) de altura	55	2.837	250	rápida
13	Duchas rectas de FRP en cajas de cartón, almacenadas a 4.57 m (15 pies) de altura	85	1.248	110	rápida
14	Botellas de PE, embaladas según ítem 6	85	6.242	55075	rápida
15	Botellas de PE en cajas de cartón, almacenadas a 4.57 m (15 pies) de altura	75	1.929	170	rápida
16	Paletas de PE, almacenadas a 0.91 m (3 pies) de altura	130	—	—	rápida
17	Paletas de PE, almacenadas a 1.83 m–2.44 m (6 pies–8 pies) de altura	30–55	—	—	rápida
18	Colchón de PU, individual, horizontal	110	—	—	rápida
19	Aislante de PE, espuma rígida, almacenado a 4.57 m (15 pies) de altura	8	1.929	170	*
20	Fascos de PS, embalados según ítem 6	55	13.619	1.200	rápida
21	Toneles de PS, almacenados en cajas de cartón a 4.27 m (14 pies) de altura	105	5.107	450	rápida
22	Piezas de juguetes de PS en cajas de cartón, apiladas a 4.57 m (15 pies) de altura	110	2.042	180	rápida
23	Aislante de PS, rígido, apilado a 4.27 m (14 pies) de altura	7	3.291	290	*
24	Botellas de PVC, embaladas según ítem 6	9	3.405	300	*
25	Toneles de PP, embaladas según ítem 6	10	4.426	390	*

Tabla A.4(a) — Tasas máximas de liberación de calor: materiales en depósito, continuación

Materiales de depósito		Tiempo de crecimiento (tg)	Densidad de liberación de calor (q)		Clasificación
26	Película de PP y PE en rollos, apilados a 4.27 m (14 pies) de altura	40	3.972	350	*
27	27. Bebidas alcohólicas destiladas en barriles, apilados a 6.10 m (20 pies) de altura	23-40	—	—	*
28	Alcohol metílico	—	738	65	—
29	Gasolina	—	2.270	200	—
30	Kerosene	—	2.270	200	—
31	Petrodiésel	—	2.043	180	—

PE: polietileno; PS: poliestireno; PVC: cloruro de polivinilo; PP: polipropileno; PU: poliuretano; FRP: poliéster reforzado con fibra de vidrio Nota: Los índices de liberación de calor por unidad de área del piso corresponden a combustibles de participación completa, suponiendo una eficiencia de combustión del 100%. Los tiempos de crecimiento indicados son los que deben superar un índice de liberación de calor de 1000 Btu/s para generar un incendio, suponiendo una eficiencia de combustión del 100%.

* La tasa de crecimiento de incendio supera la información de diseño.

Tabla A.4(b) — Índices máximos de liberación de calor de los análisis del instituto de detección de incendios

Materiales	Valores aproximados	
	kW	Btu/s
Cesto de residuos mediano con cartones de leche	105	100
Barril grande con cartones de leche	148	140
Sillón tapizado con espuma de poliuretano	369	350
Colchón de espuma de látex (calor en la puerta de la habitación)	1265	1200
Living amueblado (calor con la puerta abierta)	4217-8435	4000-8000

A.3.3.3 Desarrollo y evaluación de sistemas potenciales de detección de incendios

A.3.3.3.1 Una vez que quedan bien claros los objetivos de diseño, los escenarios de incendios potenciales y las características de los compartimentos, el diseñador puede elegir una estrategia de detección apropiada para detectar incendios antes de que alcancen su tamaño crítico (QCR). Algunos factores de importancia para tener en cuenta son los tipos de detectores, su sensibilidad a las características de incendio esperado, el nivel de umbral de la alarma y la duración requerida en dicho umbral, la ubicación de la instalación esperada (por ejemplo, distancia del incendio o si se encuentra debajo del cielorraso) y la falta de respuestas falsas en condiciones ambientales esperadas. (Ver capítulo 4.

A.3.3.3.1.1 El concepto de longitud de onda es extremadamente importante para la selección del detector adecuado para una aplicación particular. Existe una interrelación precisa entre la longitud de onda de la luz emitida por una llama y la química de combustión que produce la llama. Eventos subatómicos, atómicos y moleculares específicos emiten energía radiante de longitudes de onda específicas. Por ejemplo, se emiten fotones ultravioleta como resultado de la pérdida total de electrones o de cambios muy grandes en los niveles de energía de los electrones. Durante la combustión, la reactividad química del oxígeno separa las moléculas violentamente y se liberan electrones en el proceso, que se recombinan a niveles de energía drásticamente más bajos, originando así la radiación ultravioleta. La radiación visible es generalmente el resultado de cambios menores en los niveles de energía de los electrones dentro de las moléculas del combustible, los intermediarios de la llama y los productos de la combustión. La radiación infrarroja proviene de la vibración de moléculas o partes de moléculas cuando

se encuentran en el estado sobrecalentado asociado con la combustión. Cada compuesto químico exhibe un grupo de longitudes de onda en las que es resonante. Estas longitudes de onda constituyen el espectro infrarrojo de la producto química, que suele ser exclusivo de ese producto química.

Tabla A.4(c) — Índices de unidad de liberación de calor de combustibles que se queman en el exterior

Elemento	Índices de liberación de calor	
	kW	Btu/s
Pileta de líquido inflamable	3291/m ²	290/pies ² de superficie
Aspersión de líquido inflamable	557/Lpm	2000/gpm de flujo
Pila de paletas	3459/m	1000/pies de altura
Madera o PMMA* (vertical)		
0.6 m (2 pies) de altura	104/m	30/pies de ancho
1.8 m (6 pies) de altura	242/m	70/pies de ancho
2.4 m (8 pies) de altura	623/m	180/pies de ancho
3.7 m (12 pies) de altura	1038/m	300/pies de ancho
Madera o PMMA*		
Parte superior de una superficie horizontal	715/ m ²	63/ pies ² de superficie
Poliestireno sólido (vertical)		
0.6 m (2 pies) de altura	218/m	63/pies de ancho
1.8 m (6 pies) de altura	450/m	130/pies de ancho
2.4 m (8 pies) de altura	1384/m	400/pies de ancho
3.7 m (12 pies) de altura	2352/m	680/pies de ancho
Poliestireno sólido (horizontal)	1362/ m ²	120/ pies ² de superficie
Polipropileno sólido (vertical)		
0.6 m (2 pies) de altura	218/m	63/pies de ancho
1.8 m (6 pies) de altura	346/m	100/pies de ancho
2.4 m (8 pies) de altura	969/m	280/pies de ancho
3.7 m (12 pies) de altura	1626/m	470/pies de superficie
Polipropileno sólido (horizontal)	795/m ²	70 / pies ² de superficie
* Metacrilato de polimetilo (92B: tabla B1, 1995).		

A.3.3.3.1.2 Esta interrelación entre la longitud de onda y la química de la combustión afecta el desempeño relativo de varios tipos de detectores con respecto a diferentes incendios.

A.3.3.3.2 La confiabilidad del sistema de detección y los componentes individuales deberían calcularse e incluirse en la selección y evaluación del potencial sistema de detección de incendio. Un diseño alternativo basado en el desempeño no puede considerarse equivalente con relación al desempeño a menos que el diseño alternativo ofrezca una confiabilidad similar al diseño ya establecido que intenta reemplazar.

A.3.3.3.2.1 Los estudios de confiabilidad pueden formar parte de los estudios “RAMS” (es decir, las iniciales en inglés de confiabilidad, disponibilidad, mantenimiento y seguridad). RAMS es una herramienta que se utiliza para controlar la confiabilidad en sistemas de “misión crítica”. Todos estos son factores que deben considerarse para poder asegurar que el sistema debe continuar funcionando con el objetivo para el que fue diseñado, además de garantizar facilidad de manejo y seguridad durante el mantenimiento.

A.3.3.3.2.2 RAMS se basa en un proceso sistemático, haciendo hincapié en el ciclo vital y tareas del sistema, que:

(1) Ayuda al cliente a especificar los requisitos del sistema, en términos de confiabilidad, desde una afirmación de misión general hasta los objetivos de disponibilidad para los componentes de los sistemas y subsistemas (software incluido).

(2) Evalúa los diseños propuestos, mediante técnicas RAMS formales, para verificar el logro de metas y la falta de concreción de objetivos.

(3) Brinda un medio para hacer recomendaciones a los diseñadores y un sistema de registro de riesgos, para registrar y finalmente “marcar” las acciones necesarias identificadas.

A.3.3.3.2.1 Los conceptos técnicos de disponibilidad y confiabilidad se basan en los conocimientos y en los medios para evaluar lo siguiente:

(1) Todos los modos posibles de falla del sistema en el medio especificado de aplicación.

(2) La probabilidad (o índice) de que suceda un modo de falla del sistema.

(3) Las causas y efectos de cada modo de falla en la funcionalidad del sistema.

(4) Detección y ubicación eficientes de fallas.

(5) Un eficiente restablecimiento del sistema con fallas.

(6) Mantenimiento económico a lo largo del ciclo vital requerido del sistema.

(7) Problemas de factor humano en cuanto a la seguridad durante la inspección, prueba y mantenimiento.

A.3.3.3.3 Existe una serie de métodos para evaluar si un diseño probable puede alcanzar los criterios de desempeño previamente establecidos. Algunos de estos métodos se encuentran en el apartado A.3, A4 y A5.

Tabla A.4(d) — Características de fuentes de ignición

—	Potencia de calor típica		Tiempo de quemado (s)	Altura máxima de llama		Ancho de la llama		Flujo máximo de calor	
	W	Btu/s		mm	In.	mm	In.	Kw/m²	Btu/s.pies²
Cigarrillo de 1.1 g (sin soplar, colocado en una superficie sólida)									
Completamente seco	5	0.0047	1200	—	—	—	—	42	3.7
Condicionado a 50% de humedad relativa	5	0.0047	1200	—	—	—	—	35	3.1
Píldora de metenamina, 0.15 g (0.0053 oz)	45	0.043	90	—	—	—	—	4	0.35
Fósforo de madera, colocado en una superficie solida	80	0.076	20–30	30	1.18	14	0.092	18–20	1.59–1.76
Cunas de madera, BS 5852 Parte 2									
Cuna No. 4, 8.5 g (0.3 oz)	1.000	0.95	190	—	—	—	—	15 ^d	1.32
Cuna No. 5, 17 g (0.6 oz)	1.900	1.80	200	—	—	—	—	17 ^d	1.50
Cuna No. 6, 60 g (2.1 oz)	2.600	2.46	190	—	—	—	—	20 ^d	1.76
Cuna No. 7, 126 g (4.4 oz)	6.400	6.07	350	—	—	—	—	25 ^d	2.20
Bolsa de papel hecha una bola, 6 g (0.21 oz)	1.200	1.14	80	—	—	—	—	—	—
Papel encerado hecho una bola, 4.5 g (0.16 oz) (apretado)	1.800	1.71	25	—	—	—	—	—	—
Papel encerado hecho una bola, 4.5 g (0.16 oz) (suelto)	5.300	5.03	20	—	—	—	—	—	—
Periódico de doble página doblado, 22 g (0.78 oz) (ignición en la parte inferior)	4.000	3.79	100	—	—	—	—	—	—
Periódico de doble página doblado, 22 g (0.78 oz) (ignición en la parte superior)	7.400	7.02	40	—	—	—	—	—	—
Periódico de doble página hecho una bola, 22 g (0.78 oz) (ignición en la parte inferior)	17.000	16.12	20	—	—	—	—	—	—
Cesto de residuos de polietileno, 285 g (10.0 oz), con 12 cartones de leche [390 g (13.8 oz)]	50.000	47.42	200 ^b	550	21.7	200	7.9	35 ^c	3.08
Bolsas de residuos de plástico llenas de desechos celulósicos [1.2–14 kg (42.3–493 oz)]e	120.000 – 350.000	113.81 – 331.96	200 ^b	—	—	—	—	—	—
Nota: Basada en la tabla B.5.3 (b) de la norma NFPA 92B, edición 2009.									
^a Duración de las llamas de dimensiones significativas.									
^b Tiempo de combustión total que exceda los 1800 segundos.									
^c Medido en un quemador de simulación.									
^d Medido a 25 mm de distancia.									
^e Los resultados varían en gran medida según la densidad del embalaje.									

A.3.3.3.4 Los potenciales diseños desarrollados en el contexto de una evaluación comparativa pueden requerir que se compare la respuesta del sistema de detección diseñado mediante un enfoque basado en el desempeño con el diseño basado en la normativa. También puede evaluarse en contraste con criterios de aceptación establecidos previamente con grupos de interés aplicables.

A.3.3.3.4.1 Además de las características operacionales y de respuesta antes mencionadas que deberán considerarse, puede haber limitaciones en la cantidad de interrupciones, visibilidad o impacto que el sistema tendrá en el lugar de la instalación. Esto resulta de vital importancia en edificios de patrimonio cultural, en donde se desea que pasen desapercibidos y que no deban alterarse los cielorrasos ornamentados para concretar la instalación.

A.3.3.4 Selección y documentación del diseño final

A.3.3.4.1 El último paso del proceso es la preparación de la documentación del diseño y las especificaciones de equipamiento e instalación.

A.3.3.4.2 Estos documentos deberán incluir la siguiente información:

- (1) Participantes del proceso: personas involucradas, su preparación, funciones, responsabilidades, intereses y contribuciones.
- (2) Alcance del trabajo: objetivo del análisis o del diseño, parte del edificio evaluada, supuestos, etc.
- (3) Enfoque de diseño: enfoque que se ha decidido, dónde y por qué se realizaron los supuestos, y herramientas y metodologías de ingeniería aplicadas.
- (4) Información del proyecto: peligros, riesgos, tipo de construcción, materiales, uso del edificio, disposición, sistemas existentes, características de los ocupantes, etc.
- (5) Metas y objetivos: metas y objetivos acordados, cómo se desarrollaron, quiénes y cuándo los aceptaron.
- (6) Criterios de desempeño: identificar claramente los criterios de desempeño y objetivos relacionados, incluyendo factores de seguridad, confiabilidad e incertidumbre aplicados, y el apoyo otorgado a estos factores cuando así sea necesario.
- (7) Escenarios de incendio e incendios de diseño: descripción de los escenarios de incendio utilizados, razones para elegir y rechazar escenarios, supuestos y restricciones.
- (8) Alternativas de diseño: descripción de las alternativas de diseño elegidas, razones para elegir las o rechazarlas, índice de liberación de calor, supuestos y limitaciones. [Este paso debería incluir el objetivo específico de diseño (QDO) y el índice crítico de liberación de calor utilizado (QCR), la comparación de los resultados con los criterios de desempeño y los objetivos de diseño y un análisis de la sensibilidad de la alternativa de diseño elegida hacia los cambios en el uso del edificio, los contenidos, las características del incendio, ocupantes, etc.].
- (9) Herramientas y métodos de ingeniería utilizados: descripción de las herramientas y métodos de ingeniería utilizados en el análisis del diseño, incluyendo referencias adecuadas (información, fechas, versión de software, etc.), supuestos, limitaciones, cálculos de ingeniería, información de entrada, procedimientos de validación de información y análisis de sensibilidad.
- (10) Planos y especificaciones: planos de diseño e instalación detallados y especificaciones.
- (11) Requisitos de prueba, inspecciones y mantenimiento (ver capítulo 14 de la NFPA 72).

- (12) Problemas de manejo de la seguridad contra incendios: contenidos y materiales permitidos en el lugar para que el diseño pueda funcionar de manera adecuada, capacitación, instrucción, etc.
- (13) Referencias: documentación de software, información técnica, informes, planillas de información técnica, resultados de pruebas de incendio, etc.
- (14) Supuestos de diseño crítico: deberán incluir todos los supuestos que deberán mantenerse a lo largo del ciclo vital del edificio para que el diseño funcione de manera adecuada.
- (15) Características de diseño crítico: deberán incluir las características y parámetros de diseño que deberán mantenerse a lo largo del ciclo vital del edificio para que el diseño funcione de manera adecuada.

Tabla A.4(e) — Índices de liberación de calor en diferentes muebles

No. de prueba	Ítem/Descripción/Masa	Tiempo de crecimiento (t _g) (s)	Clasificación	Coeficiente de intensidad del incendio (α)		Tiempo Virtual (t _v) (s)	Índices máximos de liberación de calor	
				kW/s ²	Btu/se g ³		kW	Btu/s
15	Armario de metal, 41.4 kg (91.3 lb) (total)	50	rápida	0.4220	0.4002	10	750	711
18	Sillón F33 (sillón de dos cuerpos de prueba), 29.2 kg (64.4 lb)	400	lenta	0.0066	0.0063	140	950	901
19	Sillón F21, 28.15 kg (62.01 lb) (inicial)	175	media	0.0344	0.0326	110	350	332
19	Sillón F21, 28.15 kg (62.01 lb) (más tarde)	50	rápida	0.4220	0.4002	190	2000	1897
21	Armario de metal, 40.8 kg (90.0 lb) (total) (inicial)	250	media	0.0169	0.0160	10	250	237
21	Armario de metal, 40.8 kg (90.0 lb) (total) (promedio)	120	rápida	0.0733	0.0695	60	250	237
21	Armario de metal, 40.8 kg (90.0 lb) (total) (más tarde)	100	rápida	0.1055	0.1001	30	140	133
22	Sillón F24, 28.3 kg (62.4 lb)	350	media	0.0086	0.0082	400	700	664
23	Sillón F23, 31.2 kg (68.8 lb)	400	lenta	0.0066	0.0063	100	700	664
24	Sillón F22, 31.2 kg (68.8 lb)	2000	lenta	0.0003	0.0003	150	300	285
25	Sillón F26, 19.2 kg (42.3 lb)	200	media	0.0264	0.0250	90	800	759
26	Sillón F27, 29.0 kg (63.9 lb)	200	media	0.0264	0.0250	360	900	854
27	Sillón F29, 14.0 kg (30.9 lb)	100	rápida	0.1055	0.1001	70	1850	1755
28	Sillón F28, 29.2 kg (64.4 lb)	425	lenta	0.0058	0.0055	90	700	664
29	Sillón F25, 27.8 kg (61.3 lb) (más tarde)	60	rápida	0.2931	0.2780	175	700	664
29	Sillón F25, 27.8 kg (61.3 lb) (inicial)	100	rápida	0.1055	0.1001	100	2000	1897
30	Sillón F30, 25.2 kg (55.6 lb)	60	rápida	0.2931	0.2780	70	950	901
31	Sillón F31 (sillón de dos cuerpos), 39.6 kg (87.3 lb)	60	rápida	0.2931	0.2780	145	2600	2466
37	Sillón F31 (sillón de dos cuerpos), 40.4 kg (89.1 lb)	80	rápida	0.1648	0.1563	100	2750	2608
38	Sillón F32 (sofá), 51.5 kg (113.5 lb)	100	rápida	0.1055	0.1001	50	3000	2845
39	Armario de madera terciada de 1/2 in. con telas, 68.5 kg (151.0 lb)	35	*	0.8612	0.8168	20	3250	3083
40	Armario de madera terciada de 1/2 in. con telas, 68.32 kg (150.6 lb)	35	*	0.8612	0.8168	40	3500	3320
41	Armario de madera terciada de 1/8 in. con telas, 36.0 kg (79.4 lb)	40	*	0.6594	0.6254	40	6000	5691
42	Armario de madera terciada de 1/8 in. con revestimiento interior ignífugo (crecimiento inicial)	70	rápida	0.2153	0.2042	50	2000	1897
42	Armario de madera terciada de 1/8 in. con acabado interior retardante del fuego (crecimiento tardío)	30	*	1.1722	1.1118	100	5000	4742
43	Repetición de armario de madera terciada de 1/2 in., 67.62 kg (149.08 lb)	30	*	1.1722	1.1118	50	3000	2845
44	Armario de madera terciada de 1/8 in. con pintura látex retardante del fuego, 37.26 kg (82.14 lb)	90	rápida	0.1302	0.1235	30	2900	2751

Tabla A.4(e) — Índices de liberación de calor en diferentes muebles. Continuación

No. de prueba	Ítem/Descripción/Masa	Tiempo de crecimiento (t _g) (s)	Clasificación	Coeficiente de intensidad del incendio (α)		Tiempo Virtual (t _v) (s)	Índices máximos de liberación de calor	
				kW/se g ²	Btu/se g ³		kW	Btu/s
45	Sillón F21, 28.34 kg (62.48 lb)	100	*	0.1055	0.1001	120	2100	2100
46	Sillón F21, 28.34 kg (62.48 lb)	45	*	0.5210	0.4941	130	2600	2466
47	47 Sillón, marco de metal con respaldo ajustable, almohadones de espuma, 20.82 kg (45.90 lb)	170	media	0.0365	0.0346	30	250	237
48	Silla reclinable C07, 11.52 kg (25.40 lb)	175	media	0.0344	0.0326	90	950	901
49	Silla reclinable F34, 15.68 kg (34.57 lb)	200	media	0.0264	0.0250	50	200	190
50	Sillón, marco de metal, almohadón pequeño, 16.52 kg (36.42 lb)	200	media	0.0264	0.0250	120	3000	2845
51	Sillón, fibra de vidrio moldeada, sin almohadón, 5.28 kg (11.64 lb)	120	rápida	0.0733	0.0695	20	35	33
52	Silla para pacientes moldeada en plástico, 11.26 kg (24.82 lb)	275	media	0.0140	0.0133	2090	700	664
53	Sillón, marco de metal, asiento y respaldo acolchados, 15.54 kg (34.26 lb)	350	media	0.0086	0.0082	50	280	266
54	Sillón de dos cuerpos, marco de metal, almohadones de espuma, 27.26 kg (60.10 lb)	500	lenta	0.0042	0.0040	210	300	285
56	Sillón, marco de madera, almohadones de espuma de látex, 11.2 kg (24.69 lb)	500	lenta	0.0042	0.0040	50	85	81
57	Sillón de dos cuerpos, marco de madera, almohadones de espuma, 54.6 kg (120.37 lb)	350	media	0.0086	0.0082	500	1000	949
61	Armario, aglomerado de 3/4 in. 120.33 kg (265.28 lb)	150	media	0.0469	0.0445	0	1200	1138
62	Biblioteca, madera terciada con marco de aluminio, 30.39 kg (67.00 lb)	65	rápida	0.2497	0.2368	40	25	24
64	Sillón reclinable, marco moldeado de uretano flexible, 15.98 kg (35.23 lb)	1000	lenta	0.0011	0.0010	750	450	427
66	Sillón reclinable, 23.02 kg (50.75 lb)	76	rápida	0.1827	0.1733	3700	600	569
67	Colchón y box spring, 62.36 kg (137.48 lb) (más tarde)	350	media	0.0086	0.0082	400	500	474
67	Colchón y box spring, 62.36 kg (137.48 lb) (inicial)	1100	lenta	0.0009	0.0009	90	400	379

Nota: Para las pruebas 19, 21, 29, 42 y 67 se utilizaron diferentes curvas de ley de potencia (índices de crecimiento cuadrático) para modelar las esferas iniciales y finales de la combustión. En ejemplos como estos, los ingenieros deberían elegir el parámetro de crecimiento del incendio que mejor describa la esfera de combustión para la que se está diseñando la respuesta del sistema de detección.

*El crecimiento del incendio excede los datos de diseño.

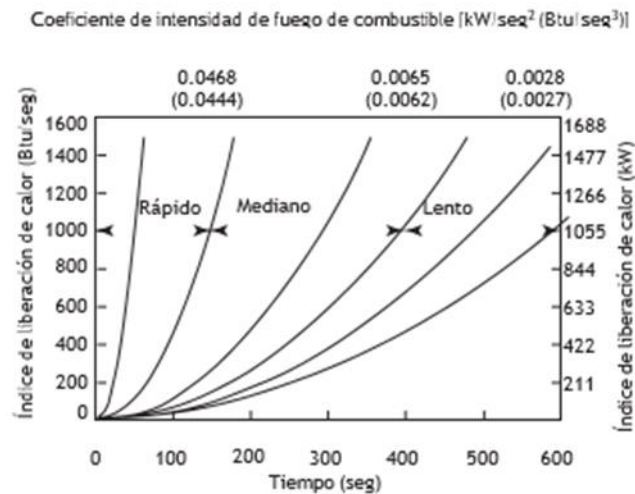


Figura A.6 — Índices de crecimiento cuadrático de liberación de calor

(16) Manual de operaciones y mantenimiento: deberá crearse un manual de operaciones y mantenimiento que establezca claramente los requisitos que garanticen que los componentes del diseño basado en el desempeño se encuentren en el lugar correcto y funcionen con el objetivo para el que fueron diseñados. Todos los subsistemas deberán identificarse, como así también su funcionamiento e interacción con el sistema de detección de incendio. También debería incluir frecuencias de mantenimiento y prueba, métodos y formularios. Se debería detallar la importancia de probar los sistemas interconectados (es decir, llamada del ascensor, sistemas de supresión, apagado de HVAC, etc.).

(17) Inspección, prueba, mantenimiento y puesta en marcha: los requisitos para la puesta en marcha de los sistemas y cualquier procedimiento especial o métodos de prueba deberán documentarse al igual que los procedimientos de inspección, prueba y mantenimiento a fin de contemplar el diseño al igual que cualquier característica pertinente o sistemas que necesiten ser evaluados.

A.3.3.5 Administración

Es de vital importancia garantizar que los sistemas estén diseñados, instalados, habilitados, mantenidos y probados a intervalos regulares, según lo indica el capítulo 14 de la NFPA 72. Además, la persona que realiza las pruebas e inspecciones deberá estar al tanto de los antecedentes del diseño y de la necesidad de evaluar no sólo el detector y su funcionamiento, sino también de las siguientes condiciones cambiantes:

- (1) Modificaciones del riesgo bajo protección.
- (2) Modificaciones en la ubicación del riesgo.
- (3) Introducción de otros riesgos en el área.
- (4) Condiciones ambientales.
- (5) Invalidez de cualquiera de los supuestos de diseño.

A.4 Evaluación de desempeño de los sistemas de detección de calor

A.4.1 Generalidades

A.4.1.1 El apartado A.3 ofrece un método para determinar el espaciamiento de aplicación para detectores de calor de temperatura fija (rociadores incluidos) y detectores de calor de velocidad de aumento. Este método es válido sólo cuando los detectores deberán instalarse en un cielorraso plano y de grandes dimensiones. Predice la respuesta del detector a un incendio con llama de crecimiento geométrico con un tamaño de incendio específico. Este método tiene en cuenta la influencia de la altura del cielorraso, la distancia radial entre el detector y el incendio, el tamaño límite del incendio [índice crítico de liberación de calor (QCR)], índice de desarrollo del incendio e índice de tiempo de respuesta del detector. En los detectores de temperatura fija también se tiene en cuenta la temperatura ambiente y la clasificación de temperatura del detector. Este método también permite el ajuste del espaciamiento de aplicación para que los detectores de calor de temperatura fija representen las variaciones de temperatura ambiente (T_a) con respecto a condiciones estándar.

A.4.1.2 Este método también puede utilizarse para calcular el tamaño del incendio en el que se realizará la detección, dado un arreglo de detectores de calor listados, instalados en un espaciamiento conocido, la altura del cielorraso y ciertas condiciones ambientales.

A.4.1.3 A través de este método también puede determinarse la incidencia del índice de crecimiento de incendio y el tamaño de un incendio con llama, además de la incidencia de la altura del cielorraso en el espaciamiento y la respuesta de los detectores de humo.

A.4.1.4 La metodología contenida aquí utiliza teorías de desarrollo de incendio, dinámicas de las columnas de incendio y desempeño de detectores. Se considera que estos son los factores que ejercen mayor influencia sobre la respuesta de los detectores. Dicha metodología no tiene en cuenta una serie de fenómenos más pequeños que, en general, se consideran de una influencia poco significativa.

A.4.1.5 La metodología de la apartado A.3 no analiza la incidencia de proyecciones de los cielorrasos, tales como vigas y viguetas, en la respuesta de los detectores. Mientras que se ha demostrado que estos componentes de un cielorraso tienen una incidencia significativa sobre la respuesta de los detectores de calor, la investigación no ha llegado aún a un método simplificado para cuantificar dicha incidencia. Los ajustes ya establecidos para el espaciamiento de los detectores en el capítulo 4 deberían aplicarse a los espaciamientos de aplicación derivados de esta metodología. Los programas de dinámica de fluidos por computadora (Computational Fluid Dynamics o CFD) se encuentran disponibles y pueden asistir en el análisis del incendio, y desarrollo y propagación del calor y humo, al igual que los potenciales efectos de las configuraciones y características variantes de cielorrasos incluyendo cielorrasos inclinados y con vigas.

A.4.2 Consideraciones sobre los datos de entrada

A.4.2.1 Información requerida

Los datos enumerados en los apartados A.4.2.1.1 y A.4.2.1.2 son necesarios para poder utilizar los métodos de este anexo, ya sea para el diseño o el análisis.

A.4.2.1.1 Diseño

La información requerida para determinar el diseño incluye los siguientes puntos:

- (1) Altura del cielorraso o espacio libre por encima del combustible (H).
- (2) Tamaño límite del incendio en el que debe accionarse una respuesta (Q_d) o el tiempo de respuesta del detector (t_d).
- (3) Índice de tiempo de respuesta (RTI) para el detector (sólo detectores de calor) o su espaciamiento certificado.
- (4) Temperatura ambiente (T_a).
- (5) Temperatura de funcionamiento del detector (T_s) (sólo detectores de calor).
- (6) Índice de variación de temperatura para detectores de calor de porcentaje de aumento (T_s/min).
- (7) Coeficiente de intensidad del incendio del combustible (α) o el tiempo de crecimiento del incendio (t_g).

A.4.2.1.2 Análisis

La información requerida para determinar el análisis incluye los siguientes puntos:

- (1) Altura del cielorraso o espacio libre por encima del combustible (H).
- (2) Índice de tiempo de respuesta (RTI) para el detector (sólo detectores de calor) o su espaciamiento listado.
- (3) Espaciamiento instalado real (S) de los detectores existentes.
- (4) Temperatura ambiente (T_a).
- (5) Temperatura de funcionamiento del detector (T_s) (sólo detectores de calor).
- (6) Índice de variación de temperatura para detectores de calor de tasa de aumento (T_s/min).
- (7) Coeficiente de intensidad del incendio del combustible (α) o el tiempo de crecimiento del incendio (t_g).

A.4.2.2 Consideraciones sobre la temperatura ambiente

A.4.2.2.1 La temperatura ambiente máxima esperada para los cielorrasos afectará de manera directa la elección de la clasificación de temperatura en detectores de calor de temperatura fija. Sin embargo, la temperatura ambiente mínima que podría detectarse en el cielorraso también es muy importante. Cuando desciende la temperatura ambiente en el cielorraso, se necesita más calor proveniente de un incendio para que el elemento sensor del detector se eleve a su temperatura establecida (operativa). Esto provoca una respuesta más lenta cuando la temperatura ambiente es más baja. En el caso de un incendio que crece con el tiempo, las temperaturas ambiente más bajas provocan un tamaño de incendio más importante en el momento de la detección.

A.4.2.2.2 Por lo tanto, la elección de una temperatura ambiente mínima tiene una incidencia significativa sobre los cálculos. El diseñador debe decidir qué temperatura utilizar para estos cálculos y documentar por qué la eligió. Puesto que el tiempo de respuesta de un detector determinado en un

incendio específico depende sólo de la constante de tiempo del detector y de la diferencia entre la temperatura ambiente y la nominal del detector, la utilización de la temperatura ambiente anticipada más baja genera un diseño más conservador. En espacios sin calefacción, podría utilizarse una reseña de temperaturas históricas como indicador apropiado. Sin embargo, tal información podría incluir temperaturas extremadamente bajas que se dan con muy poca frecuencia, por ejemplo, cada 100 años. Teniendo en cuenta consideraciones de diseño reales, sería más apropiado utilizar un promedio de temperaturas ambiente mínimas. De todos modos, debería llevarse a cabo un análisis de sensibilidad para determinar la incidencia de realizar cambios de temperatura ambiente en los resultados de diseño.

A.4.2.2.3 En una habitación o área de trabajo que posee calefacción central, la temperatura ambiente mínima ronda los 20°C (68°F). Por otra parte, ciertos depósitos tienen una calefacción mínima para tan sólo prevenir el congelamiento de los caños de agua y, en este caso, la temperatura ambiente mínima deberá ser de 2°C (35°F), aun cuando, durante varios meses la temperatura ambiente real puede llegar a ser mucho más elevada.

A.4.2.3 Consideraciones sobre la altura de los cielorrasos

A.4.2.3.1 Generalmente, un detector funciona con más rapidez si se encuentra más cerca del incendio. Cuando la altura de los cielorrasos supera los 4.9 m (16 pies), ésta resulta ser el factor dominante de la respuesta del sistema de detección.

A.4.2.3.2 Cuando se inicia una combustión con llama, se forma una columna de humo que se eleva. La columna de humo está conformada por los gases y el humo a temperaturas altas que provienen del incendio. La columna tiene una forma similar a un cono invertido. La concentración de humo y la temperatura dentro del cono varía de manera inversa como una función exponencial variable de la distancia desde la fuente. Este efecto es muy significativo en las etapas iniciales de un incendio, porque el ángulo del cono es amplio. A medida que el incendio se intensifica, el ángulo del cono se achica y la importancia del efecto de la altura disminuye.

A.4.2.3.3 A medida que la altura del techo es mayor, se necesita un incendio de mayor tamaño para hacer funcionar el mismo detector en un lapso de tiempo similar. En vista de esta situación, es de suma importancia que el diseñador tenga en cuenta el tamaño del incendio y el índice de liberación de calor que podrían generarse antes de que se logre la detección deseada.

A.4.2.3.4 Los procedimientos incluidos en este artículo se encuentran basados en análisis de información para alturas de cielorrasos hasta 9.1 m (30 pies) de altura. No se analizó información para cielorrasos de más de 9.1 m (30 pies) de altura. El artículo no ofrece orientación para espacios en donde el cielorraso supera ese límite.

A.4.2.3.5 Las relaciones introducidas aquí están basadas en la diferencia entre la altura del cielorraso y la altura del elemento combustible que participa del incendio. Se recomienda que el diseñador considere que el incendio ocurre al nivel del suelo y utilice la distancia real del piso al cielorraso para realizar los cálculos. Esto arrojará un diseño conservador, y la respuesta real del detector excederá la velocidad necesaria de respuesta en los casos en que el incendio comienza por encima del nivel del suelo.

A.4.2.3.6 Cuando el diseñador desea considerar la altura del combustible potencial de la habitación, debe utilizarse la distancia entre la base del combustible y el cielorraso en lugar de la altura del cielorraso. Este diseño opcional es apropiado sólo si la altura mínima del combustible potencial se encuentra siempre constante y el concepto esté aprobado por la autoridad competente.

A.4.2.4 Temperatura operativa

A.4.2.4.1 La temperatura operativa, o índice de cambio de temperatura del detector requerido, se obtiene a través de la información proveniente del fabricante y se establece durante el proceso de listado.

A.4.2.4.2 La diferencia entre la temperatura nominal de un detector de temperatura fija (T_s) y la temperatura ambiente máxima (T_a) en el cielorraso deberá ser la menor posible. Sin embargo, para reducir las falsas alarmas, la diferencia entre la temperatura operativa y la temperatura ambiente máxima no deberá ser menor a 11°C (20°F). (Ver capítulo 4).

A.4.2.4.3 Si se utiliza una combinación de detectores que aplican temperatura fija y principios de detección de calor de velocidad de aumento para detectar un incendio de crecimiento geométrico, la información para detectores de velocidad de aumento deberá utilizarse al seleccionar un espaciamiento instalado, porque el principio de velocidad de aumento controla la respuesta. El punto de ajuste de temperatura fija se determina usando la temperatura ambiente máxima anticipada.

A.4.2.4.3.1 La geometría del corredor es un factor importante que contribuye al desarrollo de la velocidad, temperatura, y condiciones de oscurecimiento del humo en los detectores de humo ubicados en un corredor. Esto se basa en el hecho de que el chorro de gases del cielorraso está confinado o limitado por las paredes cercanas sin contar con el arrastre del aire. Para los corredores de aproximadamente 4.6 m (15 pies) de ancho y para los incendios de aproximadamente 100 kW o más, los modelos han demostrado que el desempeño de los detectores de humo en los corredores con vigas es comparable con el espaciamiento del detector de humo tipo puntual sobre una superficie abierta de cielorraso liso.

A.4.2.5 Constante de tiempo e Índice de tiempo de respuesta (RTI)

El flujo de calor desde el chorro de gases en el elemento sensor de un detector de calor no es instantáneo. Ocurre durante un lapso de tiempo. Una medición de la velocidad con la que se produce la transferencia de calor, el coeficiente de respuesta térmica es necesario para predecir con precisión la respuesta del detector de calor. Ello es lo que actualmente se denomina la constante de tiempo del detector (τ_0). La constante de tiempo es una medida de la sensibilidad del detector. La sensibilidad de un detector de calor, τ_0 o RTI, debería determinarse mediante una prueba validada. Las investigaciones llevadas a cabo por FM Global han demostrado que dicha correlación existe y han derivado en un método de prueba para determinar el RTI. Este método de prueba está documentado en la Norma de aprobación 3210 de FM, Detectores de calor para señalización automática de alarmas de incendio (Heat Detectors for Automatic Fire Alarm Signaling). Los detectores de calor deberían estar listados con su RTI, de manera que el espaciamiento de los detectores de calor pueda determinarse adecuadamente para diversos objetivos y aplicaciones. Para los detectores más antiguos o los existentes dado el espaciamiento listado del detector y la temperatura certificada del detector (T_s), puede utilizarse la tabla A.5, desarrollada en parte por Heskestad y Delichatsios, para establecer la constante de tiempo del detector.

A.4.2.6 Índice de crecimiento del incendio

A.4.2.6.1 El crecimiento del incendio varía en relación con las características de la combustión y la configuración física de los combustibles participantes. Después de la ignición, la mayoría de los incendios crece con un patrón de aceleración. El presente anexo ya ha otorgado información concerniente a los índices de crecimiento de incendio para una serie de combustibles.

A.4.2.6.2 Si se conoce el historial de liberación de calor de un incendio en particular, se pueden calcular el α o t_g a través del uso de técnicas de ajuste de curvas para la implementación del método aquí detallado.

A.4.2.6.3 En la mayoría de los casos, se desconocerán los combustibles y los índices de crecimiento exactos. Por lo tanto, deberán utilizarse cálculos de ingeniería para seleccionar un α o t_g que se aproxime a las condiciones del incendio. También deberá llevarse a cabo un análisis de sensibilidad a fin de determinar la incidencia sobre la respuesta cuando hay cambios en el índice de crecimiento de incendio. En algunos análisis, la incidencia sobre la respuesta deberá ser desdeñable. Otros casos indicarán que es necesario un análisis más exhaustivo sobre combustibles potenciales y escenarios de incendio.

A.4.2.7 Tamaño límite del incendio

El usuario deberá consultar artículos anteriores que analizan el establecimiento de tamaños límite de incendio (Q_{DO} y Q_{CR}) para alcanzar los objetivos de diseño.

A.4.3 Espaciamiento de detectores de calor

A.4.3.1 Espaciamiento de detectores de calor de temperatura fija

A.4.3.1.1 El siguiente método puede utilizarse para determinar la respuesta de detectores de calor de temperatura fija cuando se diseñan o analizan sistemas de detección de calor.

A.4.3.1.2 El objetivo de diseñar un sistema de detección se centra en determinar el espaciamiento de detectores requerido para poder responder a una serie de condiciones y metas. A fin de poder alcanzar los objetivos, la respuesta del detector debe activarse cuando el incendio alcanza un índice de liberación de calor crítico, o en un tiempo predeterminado.

Tabla A.5 — Constantes de tiempo (τ_0) para cualquier detector de calor listado [a una velocidad de referencia de 1.5 m/s (5 pies/s)]

Espaciamiento listado		Underwriters Laboratories Inc.						Factory Mutual Research Corporation (Todas las temperaturas)
m	pies	53.3°C (128°F)	57.2°C (135°F)	62.8°C (145°F)	71.1°C (160°F)	76.7°C (170°F)	91.1°C (196°F)	
3.05	10	400	330	262	195	160	97	196
4.57	15	250	190	156	110	89	45	110
6.10	20	165	135	105	70	52	17	70
7.62	25	124	100	78	48	32	—	48
9.14	30	95	80	61	36	22	—	36
12.19	40	71	57	41	18	—	—	—
15.24	50	59	44	30	—	—	—	—
21.34	70	36	24	9	—	—	—	—
Notas: (1) Estas constantes de tiempo están basadas en un análisis de los procedimientos de prueba de listado de Underwriters Laboratories Inc. y Factory Mutual. (2) Estas constantes de tiempo pueden convertirse a valores de índices de tiempo de respuesta (RTI) mediante la ecuación $RTI = \tau_0 (5 \text{ m/s})^{1/2} [(5.0 \text{ pies/s})^{1/2}]$. (Ver también A.4.3.)								

A.4.3.1.3 Cuando se analiza un sistema de detección existente, el diseñador intenta determinar el tamaño del incendio en el momento en que se activa el detector.

A.4.3.2 Antecedentes teóricos

Los métodos de diseño y análisis incluidos en el Anexo A son el resultado conjunto de un extensivo trabajo experimental y de los modelos matemáticos de los procesos de transferencia de calor y de masa involucrados. El método original fue desarrollado por Heskestad y Delichatsios, Beyler y Schifiliti. Recientemente fue actualizado por Marrion para introducir cambios en las correlaciones originales analizadas en el trabajo de Heskestad y Delichatsios y Marrion. FM Global llevó a cabo una investigación adicional. Este apartado analiza los métodos y correlaciones de información utilizados para que la transferencia de calor sirva como modelo para los detectores de calor, además de las correlaciones de velocidad y temperatura para incendios que crecen en la ubicación del detector. Sólo se describen aquí los principios generales. Puede obtenerse información detallada disponible en las Referencias 4, 9, 10, 16 y 28 del Anexo H.1.2.14 de la NFPA 72.

A.4.3.3 Correlaciones de los Detectores de Calor

A.4.3.3.1 La transferencia de calor a un detector puede describirse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{total} = Q_{cond} + Q_{conv} + Q_{rad} \quad (A.9)$$

donde:

Q_{total} = transferencia de calor total a un detector (kW o Btu/s).

Q_{cond} = transferencia de calor por conducción.

Q_{conv} = transferencia de calor por convección.

Q_{rad} = transferencia de calor por radiación.

A.4.3.3.2 Ya que la detección a menudo se realiza durante las etapas iniciales de un incendio, el componente de transferencia de calor por radiación (Q_{rad}) puede considerarse desdénable. Además, dado que los elementos sensores de calor de la mayoría de los detectores de calor se encuentran aislados térmicamente del resto de la unidad de detección, al igual que del cielorraso, puede concluirse que la porción conductiva del índice de liberación de calor (Q_{cond}) también es despreciable, especialmente si se la compara a la tasa de transferencia de calor por convección. Puesto que la mayor parte de la transferencia de calor al elemento de detección se realiza por convección, la siguiente ecuación puede utilizarse para calcular la transferencia de calor total:

$$Q = Q_{conv} - H_c A (T_a - T_d) \quad (A.10)$$

donde:

Q_{conv} = transferencia de calor por convección (kW o Btu/s).

H_c = coeficiente de transferencia de calor por convección para el detector (kW/m² °C o Btu/pies²·s °F).

A = área de superficie del elemento del detector (m² o pies²).

T_g = temperatura de gases de incendio en el detector (°C o °F).

T_d = temperatura nominal, o punto de ajuste, del detector (°C o °F).

A.3.3.3.3 Suponiendo que el elemento de detección puede tratarse como una masa concentrada (m) (kg o lbm), su cambio de temperatura puede definirse de la siguiente ecuación:

$$\frac{dT_d}{dt} = \frac{Q}{mc} \quad (A.11)$$

donde:

dT_d/dt = cambio de temperatura del elemento de detección (grado/s).

Q = índice de liberación de calor (kW o Btu/s).

m = masa del elemento del detector (kg o lbm).

c = calor específico del elemento del detector (kJ/kg·°C o Btu/lbm °F).

A.4.3.3.4 Al insertar esta ecuación A.10 a la ecuación A.11, el cambio en temperatura del elemento de detección en función del tiempo puede expresarse de la manera expuesta en la ecuación A.12:

$$\frac{dT_d}{dt} = \frac{H_c A (T_g - T_d)}{mc} \quad (A.12)$$

A.4.3.3.4.1 Cabe destacar que las variables se encuentran identificadas en el apartado A.8.

A.4.3.3.5 La utilización de una constante de tiempo (τ) fue propuesta por Heskestad y Smith para definir la transferencia de calor por convección al elemento sensor de calor de un detector específico. Esta constante de tiempo es una función de la masa, del calor específico, el coeficiente de transferencia de calor por convección y el área del elemento, y puede expresarse en la ecuación A.13:

$$\tau = \frac{mc}{H_c A} \quad (A.13)$$

donde:

m = masa del elemento detector (kg o lbm).

c = calor específico del elemento del detector (kJ/kg·°C o Btu/lbm·°F).

H_c = coeficiente de transferencia de calor por convección para el detector (kW/m²·°C o Btu/pies²·seg·°F).

A = área de superficie del elemento del detector (m² o pie²)

τ = constante de tiempo del detector (segundos).

A.4.3.3.6 Como se ha visto en la ecuación A.13, τ es un indicador de la sensibilidad del detector. Si se incrementa la masa del elemento de detección, también se eleva la constante de tiempo, y, por lo tanto, el tiempo de respuesta.

A.4.3.3.7 Si hacemos un reemplazo en la ecuación A.12, sucederá lo siguiente:

$$\frac{dT_d}{dt} = \frac{T_g - T_d}{\tau} \quad (A.14)$$

A.4.3.3.7.1 Cabe destacar que las variables se encuentran identificadas en los apartados de la Sección A.8.

A.4.3.3.8 Investigaciones han demostrado que el coeficiente de transferencia de calor por convección para rociadores y elementos de detección de calor es similar al de esferas, cilindros, etc., y, por lo tanto, resulta aproximadamente proporcional a la raíz cuadrada de la velocidad de los gases que atraviesan el detector. Como la masa, la capacidad térmica y el área del elemento de detección se mantienen constantes, puede expresarse la siguiente relación como el índice de tiempo de respuesta (RTI) para un detector individual, (ver ecuación A.15):

$$\tau u^{1/2} \sim \tau_0 u_0^{1/2} = RTI \quad (A.15)$$

donde:

τ = constante de tiempo del detector (segundos).

u = velocidad de los gases de incendio (m/s o pies/s).

u_0 = velocidad instantánea de los gases de incendio (m/s o pies/s).

RTI = índice de tiempo de respuesta

A.4.3.3.9 Si τ_0 se mide a una velocidad de referencia específica (u_0), τ puede determinarse para cualquier otra velocidad de gas (u) para ese detector. La prueba de inmersión es la manera más sencilla de calcular τ_0 . También se lo ha relacionado con el espaciamiento listado de un detector a través de un cálculo. La tabla A.5 indica los resultados de estos cálculos. El valor de RTI puede obtenerse mediante la multiplicación de los valores de τ_0 por $u_0^{1/2}$.

A.4.3.3.10 Se ha hecho habitual referirse a la constante de tiempo mediante una velocidad de referencia de $u_0 = 1.5$ m/s (5 pies/s). Por ejemplo, cuando $u_0 = 1.5$ m/s (5 pies/s), una τ_0 de 30 segundos corresponde a un RTI de $36 \text{ s}^{1/2}/\text{m}^{1/2}$ o $67 \text{ s}^{1/2}/\text{pies}^{1/2}$. Por otra parte, un detector que posee un RTI de $36 \text{ s}^{1/2}/\text{m}^{1/2}$ (o $67 \text{ s}^{1/2}/\text{pies}^{1/2}$) tendría una τ de 23.7 segundos, si la medición se realizara con una velocidad de aire de 2.4 m/s (8 pies/s).

A.4.3.3.11 Por lo tanto, puede utilizarse la siguiente ecuación para calcular la transferencia de calor al elemento de detección, y de esa manera determinar la temperatura desde su medio local inducido por el incendio.

$$\frac{dT_d}{dt} = \frac{u^{1/2}(T_g - T_d)}{RTI} \quad (\text{A.16})$$

A.4.3.3.11.1 Cabe destacar que las variables se encuentran identificadas en la apartado A.8.

A.4.3.4 Correlaciones de temperatura y velocidad

A.4.3.4 Para predecir el funcionamiento de cualquier detector, es necesario caracterizar el medio local creado por el incendio en la ubicación del detector. Para un detector de calor, las variables más importantes son la temperatura y la velocidad de los gases en el detector. A través de un programa de pruebas a escala completa y el uso de técnicas de modelos matemáticos, Heskestad y Delichatsios han desarrollado expresiones generales para temperatura y velocidad en la ubicación de un detector. Estas expresiones son válidas para incendios que crecen según la siguiente relación de potencia de la ecuación A.17:

$$Q = \alpha t^p \quad (\text{A.17})$$

donde:

Q = índice teórico de liberación de calor de un incendio por convección (kW o Btu/s).

α = índice de crecimiento de incendio (kW/s² o Btu/s³).

t = tiempo (segundos).

p = exponente positivo.

A.4.3.4.2 Varias correlaciones de chorros de gases han sido desarrolladas con el transcurso de los años por lo tanto el diseñador debe también revisar su aplicabilidad en base al caso de diseño en particular. Los análisis de sensibilidad también deberán ser conducidos con el análisis.

A.4.3.4.2.1 Heskestad y Delichatsios han establecido relaciones para la temperatura y la velocidad de gases de incendio en una columna de humo. Estas se han expresado de la siguiente manera:

$$U_p = \frac{u}{A^{1/(3+p)} u^{1/(3+p)} H^{(p-1)/(3+p)}} = \int \left(t_p, \frac{r}{H} \right) \quad (\text{A.18a})$$

$$\Delta T_p = g \left(t_p, \frac{r}{H} \right) = \frac{\Delta T}{A^{2/(3+p)} \left(\frac{T_d}{g} \right)^{\alpha^{2/(3+p)} H^{-(5+p)/(3+p)}}} \quad (\text{A.18b})$$

donde:

$$t_p^* = \frac{t}{A^{-1/(3+p)} \alpha^{-1/(3+p)} H^{4/(3+p)}} \quad (\text{A.18c})$$

$$A = \frac{g}{c_p T_d \rho_0} \quad (\text{A.18d})$$

A.4.3.4.2.2 Cabe destacar que las variables se encuentran identificadas en la apartado A.8.

A.4.3.4.3 Utilizando las correlaciones anteriores, Heskestad y Delichatsios, y con actualizaciones provenientes de otro trabajo realizado por Heskestad, se presentaron las siguientes correlaciones para incendios que poseían índices de liberación de calor que crecían según la ecuación de la ley de potencia, con p = 2. Como se analizó con anterioridad, el modelo de incendio de crecimiento con p = 2 puede utilizarse como modelo del índice de liberación de calor de una amplia variedad de combustibles. Por lo tanto, estos incendios son conocidos como t-cuadrados.

$$t_{2f}^* = 0.861 \left(1 + \frac{r}{H} \right) \quad (\text{A.19a})$$

$$\Delta T_2^* = 0 \quad \text{para} \quad t_2^* < t_{2f}^* \quad (\text{A.19b})$$

$$\Delta T_2^* = \left(\frac{t_2^* - t_{2f}^*}{0.146 + 0.242 r/H} \right)^{4/3} \quad \text{para} \quad t_2^* > t_{2f}^* \quad (\text{A.19c})$$

$$\frac{u_2^*}{(\Delta T_2^*)^{1/2}} = 0.59 \left(\frac{r}{H} \right)^{-0.63} \quad (\text{A.19d})$$

A.4.3.4.3.1 Cabe destacar que las variables se encuentran identificadas en la apartado A.8.

A.4.3.4.4 El trabajo realizado por Beyler determinó que las correlaciones de temperatura y velocidad anteriores podrían reemplazarse en la ecuación de transferencia de calor para el detector y ser integradas. Su solución analítica es como indica la ecuación A.20:

$$T_d(t) - T_d(0) = \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_2^*} \right) \Delta T_2^* \left[\frac{1 - (1 - e^{-Y})}{Y} \right] \quad (\text{A.20a})$$

$$\frac{dT_d(t)}{dt} = \frac{\left(\frac{4}{3}\right)\left(\frac{\Delta T}{\Delta T_2}\right)(\Delta T_2)^{1/4}(1-e^{-Y})}{\left(\frac{t}{t_2}\right)^D} \quad (\text{A.20b})$$

donde:

$$Y = \left(\frac{3}{4}\right)\left(\frac{u}{u_2}\right)^{1/2}\left(\frac{u_2}{\Delta T_2^{1/2}}\right)^{1/2}\left(\frac{\Delta T_2}{RTI}\right)\left(\frac{t}{t_2}\right) \quad (\text{A.20c})$$

$$D = 0.146 + 0.242r / H \quad (\text{A.20d})$$

Cabe destacar que las variables se encuentran identificadas en la apartado A.8.

A.4.3.4.5 Los pasos que se tomaron para resolver estas ecuaciones para una situación de diseño o de análisis se encuentran en la figura A.7.

A.4.3.5 Limitaciones

A.4.3.5.1 Si la velocidad y la temperatura de los gases de incendio que pasan por el detector no pueden determinarse con precisión, se cometerán errores al calcular la respuesta del detector. Los figuras presentados por Heskestad y Delichatsios señalan los errores en las temperaturas y velocidades calculadas del incendio/gas. Aunque el presente anexo no tiene como objetivo llevar a cabo un análisis detallado de estos errores, se realizarán algunas consideraciones. Al utilizar el método descrito con anterioridad, el usuario deberá estar al tanto de las limitaciones de las correlaciones. El diseñador también debería consultar los informes originales.

**Hoja de trabajo para el diseño y análisis de
la detección de incendios Ejemplo de diseño**

1.	Determinar la altura del cielorraso a temperatura ambiente (T_a) o la altura por encima del combustible (H).	$T_a = \underline{\hspace{2cm}}^{\circ}\text{C} + 273 = \underline{\hspace{2cm}}\text{K}$ $H = \underline{\hspace{1cm}}4\underline{\hspace{1cm}}\text{m}$
2.	Determinar la característica de crecimiento del incendio (α o t_g) para el incendio de diseño previsto.	$\alpha = \underline{\hspace{2cm}}\text{kW/s}^2$ $t_g = \underline{\hspace{2cm}}\text{s}.$
3a.	Definir las características de los detectores.	$T_s = \underline{\hspace{2cm}}^{\circ}\text{C} + 273 = \underline{\hspace{2cm}}\text{K}$ $RTI = \underline{\hspace{2cm}}\text{m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ $\frac{dT_d}{dt} = \underline{\hspace{2cm}}^{\circ}\text{C/min}$ $\tau_0 = \underline{\hspace{2cm}}\text{s}$
3b.	<i>Diseño</i> — Establecer las metas del sistema (t_{CR} o Q_{CR}) y hacer una primera estimación de la distancia (r) desde el incendio hasta el detector.	$t_{CR} = \underline{\hspace{1cm}}146\underline{\hspace{1cm}}\text{s}$ $r = \underline{\hspace{1cm}}3.3\underline{\hspace{1cm}}\text{m}$ $Q_{CR} = \underline{\hspace{1cm}}1000\underline{\hspace{1cm}}\text{kW}$
3b.	<i>Análisis</i> — Determinar el espaciamiento de los detectores existentes y hacer una primera estimación del tiempo de respuesta o del tamaño del incendio en la respuesta del detector ($Q = \alpha t^2$).	$r = \underline{\hspace{1cm}} * 1.41 = \underline{\hspace{1cm}} = S(m)$ $Q = \underline{\hspace{1cm}}\text{kW}$ $t_d = \underline{\hspace{1cm}}\text{s}$
4.	Aplicando la ecuación A.19a, calcular el tiempo nodimensional (t_{2f}^*) en el que el frente de calor inicial llega al detector.	$t_{2f}^* = 0.861 \left(1 + \frac{r}{H}\right)$ $t_{2f}^* = \underline{\hspace{1cm}}$
5.	Calcular el factor A definido por la relación para A en la ecuación A.18d.d.	$\left(A = \frac{gQ}{C_p T r_0}\right)$ $A = \underline{\hspace{1cm}}$
6.	Aplicar el tiempo de respuesta requerido (t_{CR}) junto con la relación para t^* t_p^* en la ecuación A.18c y $p = 2$ para calcular el valor correspondiente de t_2^*	$t_2^* = \frac{t_{CR}}{A^{-1/(3+p)} \alpha^{-1/(3+p)} H^{4/(3+p)}}$ $t_2^* = \underline{\hspace{1cm}}$
7.	Si $t_2^* > t_p^*$ seguir con el paso 8. Si no, intentar con una nueva posición del detector (r) y volver al paso 4.	
8.	Calcular el coeficiente $\frac{(u)}{u_2^*}$ aplicando la relación para u_2^* en la ecuación A.18a.	$\frac{(u)}{u_2^*} = A^{1/(3+p)} u^{1/(3+p)} H^{(p-1)/(3+p)}$ $\frac{(u)}{u_2^*} = \underline{\hspace{1cm}}$
9.	Calcular el coeficiente $\frac{\Delta T}{\Delta T_2^*}$ aplicando la relación para ΔT_2^* en la ecuación A.18b.	$\frac{\Delta T}{\Delta T_2^*} = A^{2/(3+p)} \left(\frac{T_d}{g}\right) \alpha^{2/(3+p)} H^{-(5+p)/(3+p)}$ $\frac{\Delta T}{\Delta T_2^*} = \underline{\hspace{1cm}}$
10.	Aplicar la relación para ΔT_2^* en la ecuación A.19c para calcular ΔT_2^*	$\Delta T_2^* = \left[\frac{t_2^* - t_{2f}^*}{(0.146 + \frac{0.242r}{H})} \right]^{4/3}$ $\Delta T_2^* = \underline{\hspace{1cm}}$
11.	Aplicar la relación para $\frac{u_2^*}{(\Delta T_2^*)^{1/2}}$ en la ecuación A.19d para calcular el coeficiente $\frac{u_2^*}{(\Delta T_2^*)^{1/2}}$	$\frac{u_2^*}{(\Delta T_2^*)^{1/2}} = 0.59 \left(\frac{r}{H}\right)^{-0.63}$ $\frac{u_2^*}{(\Delta T_2^*)^{1/2}} = \underline{\hspace{1cm}}$
12.	Aplicar las relaciones para Y y D en las ecuaciones A.20c y A.20d para calcular Y.	$Y = \left(\frac{3}{4}\right) \left(\frac{u}{u_2}\right)^{1/2} \left(\frac{u_2}{\Delta T_2^{1/2}}\right)^{1/2} \left(\frac{\Delta T_2}{RTI}\right) \left(\frac{t}{t_2}\right) D$ $Y = \underline{\hspace{1cm}}$
13.	Detector de calor de temperatura fija — Aplicar la relación para $T_d(t) - T_d(0)$ en la ecuación A.20a para calcular la temperatura del detector resultante $T_d(t)$.	$T_d(t) = \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_2^*}\right) \Delta T_2^* \left[1 - \frac{(1-e^{-Y})}{Y}\right] + T_d(0)$ $dT_d(t) = \underline{\hspace{1cm}}$
14.	Detector de calor de velocidad de aumento — Aplicar la relación para $\frac{dT_d(t)}{dt}$ en la ecuación A.20b.	$dT_d = \frac{\left(\frac{4}{3}\right) \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_2^*}\right) (\Delta T_2^*)^{1/4} (1-e^{-Y})}{\left(\frac{t}{t_2}\right) D}$ $dT_d = \underline{\hspace{1cm}}$
15.	Si: 1. $T_d > T_s$ 2. $T_d < T_s$ 3. $T_d = T$	Repetir el procedimiento aplicando Diseño 1. mayor r 2. menor r 3. $s = 1.41 \times r = \underline{\hspace{1cm}}4.7\underline{\hspace{1cm}}\text{m}$ Análisis 1. mayor t_r 2. menor t_r 3. $t_r = \underline{\hspace{1cm}}\text{s}.$

Figura A.7 — Hoja de trabajo para el diseño y análisis de la detección de incendios

A.4.3.5.1.1 Las figuras con información real y calculada demuestran que los errores en T^* pueden alcanzar hasta el 50%, aunque en general arrojan un porcentaje mucho menor. Los errores máximos ocurren con valores r/H cercanos a 0.37. Todos los demás figuras de información real y calculada, para una serie de r/H , señalan errores más pequeños. En cuanto al cambio real de temperatura del ambiente, los errores máximos se encuentran en el orden de los 5°C a 10°C (9°F a 18°F). Los errores más importantes ocurren cuando los incendios son más rápidos y los cielorrasos más bajos.

A.4.3.5.1.2 En $r/H = 0.37$, los errores son conservadores cuando las ecuaciones se utilizan en un problema de diseño. Es decir, las ecuaciones predijeron temperaturas más bajas. Figuras de información para otros valores de r/H indican que las ecuaciones predicen temperaturas un poco más elevadas.

A.4.3.5.1.3 Los errores en velocidades de incendio/gas se encuentran relacionados con errores en las temperaturas. Las ecuaciones señalan que la velocidad de los gases de incendio es proporcional a la raíz cuadrada del cambio de temperaturas de los gases de incendio. En cuanto a la transferencia de calor hacia el detector, el cambio de temperatura del detector es proporcional al cambio de la temperatura del gas y la raíz cuadrada de la velocidad del incendio/gas. Por lo tanto, los errores esperados mantienen las mismas relaciones.

A.4.3.5.1.4 Basados en la información anterior, los errores en temperaturas y velocidades predichas de gases de incendio deberán ser mayores para incendios rápidos y de cielorrasos bajos. Los cálculos de muestra que simulan estas condiciones señalan errores en espaciamientos calculados de detectores del orden del metro, o menores.

A.4.3.5.2 Los procedimientos incluidos en este anexo se encuentran basados en análisis de información de prueba para cielorrasos que ascienden a 9.1 m (30 pies) de altura. No se analizó información para cielorrasos de más de 9.1 m (30 pies) de altura. Para más información.

A.4.3.6 Ejemplos de diseño

A.4.3.6.1 Definición del alcance del proyecto. Un sistema de detección de incendios deberá diseñarse para su instalación en un depósito que no posee rociadores. El edificio tiene un cielorraso grande y plano de aproximadamente 4 m (13.1 pies) de altura. La temperatura ambiente es normalmente de 10°C (50°F). El servicio municipal contra incendios ha indicado que puede comenzar a extinguir el incendio a los 5.25 minutos de recibida la alarma.

A.4.3.6.2 Identificación de metas. Brindar protección a las propiedades.

A.4.3.6.3 Definición del objetivo de los grupos de interés. Que ningún incendio se propague a partir de un paquete de combustible inicial.

A.4.3.6.4 Definición de los objetivos de diseño. Prevenir la ignición por radiación de paquetes de combustible adyacentes.

A.4.3.6.5 Desarrollo de los criterios de desempeño. Después de realizar debates con el cuerpo de bomberos de la planta en relación con su capacidad y de analizar los niveles de energía radiante necesarios para encender paquetes de combustible adyacentes, se estableció que el incendio debe ser detectado y las actividades de supresión deberán iniciarse antes de que éste alcance los 10.000 kW (9478 Btu/s).

A.4.3.6.6 Desarrollo de sitios específicos de incendio e incendios de diseño. La evaluación de los contenidos potenciales para ser almacenados sirvió para indicar que las áreas en donde se depositan pales de madera son las más proclives a sufrir un incendio.

A.4.3.6.6.1 Por lo tanto, se evaluará el sitio específico de incendio que involucra la ignición de una pila de palets de madera. Los palets de madera se almacenan a una altura de 0.5 m (1.5 pies). La información sobre pruebas de incendio [Ver tabla A.4 (a)] señala que esta clase de incendio responde a la ecuación cuadrática t^2 con un t_g de aproximadamente 150 a 310 segundos. A fin de ser prudentes, se utilizará el índice de crecimiento de incendio más rápido. De ese modo, utilizamos la ecuación A.17:

$$Q = \alpha t^p \quad (A.21a)$$

$$1055 \text{ kW} = (\alpha \text{ kW/seg}^2)(150 \text{ s})^2$$

$$\alpha = 0.047 \text{ kW / s}^2$$

0

$$Q = \alpha t^p \quad (A.21b)$$

$$1000 \text{ Btu / s} = (\alpha \text{ Btu / seg}^3) (150 \text{ s})^2$$

$$\alpha = 0.044 \text{ Btu / s}^3$$

A.4.3.6.6.1.1 Cabe destacar que las variables se encuentran identificadas en la Sección A.8.

A.4.3.6.6.2 Utilizando la ecuación de crecimiento con $p = 2$, el tiempo después de la llama abierta hasta que el incendio asciende a 10.000 kW (9478 Btu/s) puede calcularse de la siguiente manera:

$$Q = \left(\frac{1055}{t_c^2} \right) t_{100}^2 = \alpha t^2 \quad (\text{para unidades SI}) \quad (A.22a)$$

$$Q = \left(\frac{1000}{t_c^2} \right) t_{100}^2 = \alpha t^2 \quad (\text{para unidades pulgadas-libra}) \quad (A.22b)$$

$$t_{D0} = 461 \text{ segundos}$$

A.4.3.6.6.2.1 Cabe destacar que las variables se encuentran identificadas en la apartado A.8.

A.4.3.6.6.3 Por lo tanto, el índice crítico de liberación de calor y el tiempo para la detección pueden calcularse de la siguiente manera, suponiendo que t_{respond} es igual a los 5.25 minutos necesarios para que el cuerpo de bomberos responda a la alarma y comience la descarga de agua.

$$t_{CR} = t_{D0} - t_{\text{respond}} \quad (A.23a)$$

$$t_{CR} = 461 - 315 = 146 \text{ segundos}$$

y, por tanto

$$Q_{CR} = \alpha t_{CR}^2 \quad (A.23b)$$

$$Q_{CR} = 1000 \text{ kw (948 Btu /s)}$$

A.4.3.6.3.1 Cabe destacar que las variables se encuentran identificadas en la apartado A.8.

A.4.3.7 Desarrollo de diseños probables.

A.4.3.7.1 Los detectores de calor de temperatura fija han sido seleccionados para la instalación en el depósito con una temperatura operativa de 57°C (135°F) y un espaciamiento listado por UL de 9.1 m (30 pies). De la tabla A.5, la constante de tiempo se establece en 80 segundos cuando se toma como referencia a una velocidad de gas de 1.5 m/s (5 pies/s). Cuando se lo utiliza con la ecuación A.15, el RTI del detector puede calcularse como indica la ecuación siguiente:

$$RTI = \tau_o u_0^{1/2} \quad (A.24a)$$

$$RTI = 98 \text{ m}^{1/2} \text{s}^{1/2}$$

$$RTI = 179 \text{ pies}^{1/2} \text{s}^{1/2} \quad (A.24b)$$

A.4.3.7.2 Para iniciar los cálculos, es necesario realizar una primera prueba con el espaciamiento de detectores requerido. Para este ejemplo, se utiliza un cálculo inicial de 4.7 m (15.3 pies). Esto se correlaciona con una distancia radial de 3.3 m (10.8 pies).

A.4.3.8 Evaluación de Diseños Potenciales

A.4.3.8.1 A fin de evaluar el diseño potencial, estos valores pueden ingresarse a la hoja de trabajo para el diseño y análisis de la figura A.7.

A.4.3.8.1.1 Después de 146 segundos, cuando el incendio se ha elevado a 1000 kW (948 Btu/s) y cuenta con una distancia radial de 3.3 m (10.8 pies) desde el centro del incendio, se calcula que la temperatura del detector es de 57°C (135°F). Esta constituye la temperatura de accionamiento. Si la temperatura calculada del detector fuera más elevada que la de accionamiento, entonces la distancia radial podría incrementarse. El cálculo tiene que repetirse hasta que la temperatura calculada del detector sea aproximadamente igual a la temperatura de accionamiento.

A.4.3.8.2 El último paso es utilizar el valor calculado final de r con la ecuación que relaciona el espaciamiento con la distancia radial. Esto determinará el espaciamiento máximo de detectores instalados que generará una respuesta dentro de las metas establecidas.

$$S = 2^{1/2} r \quad (A.25)$$

$$S = 4.7 \text{ m (15.3 pies)}$$

dónde:

S = espaciamiento de detectores.

r = distancia radial desde el eje de las columnas de incendio (m o pies).

A.4.3.8.3 Se describe el siguiente ejemplo de análisis.

A.4.3.8.3.1 El siguiente ejemplo demuestra cómo un sistema existente de detección de incendios o un diseño propuesto pueden analizarse a fin de determinar el tiempo de respuesta o el tamaño del incendio en el momento de la respuesta. Se utilizará de nuevo el escenario analizado en el ejemplo anterior, con la excepción de que el depósito ya cuenta con detectores de calor. El incendio, el edificio y los detectores poseen las mismas características del ejemplo anterior, a excepción del espaciamiento. Los detectores se encuentran distribuidos de manera uniforme sobre el cielorraso a intervalos de 30 pies (9.1 m).

A.4.3.8.3.2 Se utiliza la siguiente ecuación para determinar la máxima distancia radial desde el eje del incendio hasta el detector:

$$S = 1.414r \quad (A.26a)$$

$$r = \frac{S}{1.414} \quad (A.26b)$$

$$r = 6.5 \text{ m (21.2 pies)}$$

dónde:

S = espaciamiento de detectores.

r = distancia radial desde el eje de las columnas de incendio (m o pies).

A.4.3.8.3.3 A continuación, se calcula el tiempo de respuesta del detector o el tamaño del incendio. En el diseño anterior, el incendio se elevó a 1000 kW (948 Btu/s) en 146 segundos cuando el detector ubicado a una distancia de 3.3 m (10.8 pies) inició su respuesta. Como la distancia radial de este ejemplo es más grande, se espera un tiempo de respuesta más lento, y, por lo tanto, un incendio de mayores dimensiones. Se realiza una primera aproximación en el tiempo de respuesta a los 3 minutos. El tamaño de incendio correspondiente se calcula a través de la ecuación cuadrática de crecimiento A.17 con $p = 2$ y α del apartado A.4.3.6.1:

$$Q = \alpha t^2 \quad (A.27a)$$

$$Q = (0.047 \frac{kw}{seg^2})(180 s)^2$$

$$Q = 1523 \text{ KW}$$

o

$$Q = (0.044 \frac{Btu}{seg^3})(180 s)^2 \quad (A.27b)$$

$$Q = 1523 \text{ KW}$$

A.4.3.8.3.4 Estos datos pueden incorporarse a la hoja de trabajo para el diseño y análisis de la detección de incendios que se muestran en la figura A.9 para llevar a cabo el resto de los cálculos.

A.4.3.8.3.5 Utilizando una distancia radial de 6.5 m (21 pies) desde el eje del incendio, se calcula la temperatura del detector en 41°C (106°F) después de 3 minutos de exposición. La temperatura de accionamiento del detector es de 57°C (135°F). Por lo tanto, el tiempo de respuesta del detector es mayor

a los 3 minutos estimados. Si la temperatura calculada fuera más elevada que la temperatura de accionamiento, entonces se utilizaría una t más pequeña. Al igual que en el ejemplo anterior, los cálculos deberían repetirse variando el tiempo de respuesta hasta que la temperatura calculada del detector sea aproximadamente igual a la temperatura de accionamiento. Para este ejemplo, el tiempo de respuesta se calcula en 213 segundos. Esto corresponde a un tamaño de incendio de 2132 kW (2022 Btu/s) en el momento de la respuesta.

A.4.3.8.4 Los ejemplos anteriores suponen que el incendio continúa la relación de crecimiento t -cuadrada hasta la activación del detector. Estos cálculos no verifican si esto sucederá, y tampoco demuestran cómo varía la temperatura del detector una vez que el incendio deja de cumplir con la relación cuadrática. Por lo tanto, el usuario debería determinar si habrá suficiente combustible, puesto que las correlaciones anteriores no realizan esa clase de análisis. Si no hay una cantidad suficiente de combustible, entonces existe la posibilidad de que la curva del índice de liberación de calor se aplane o decaiga antes de que se alcance el índice necesario para que se dispare el accionamiento.

A.4.3.8.5 Las tablas A.6(a) hasta la A.6(k) ofrecen una comparación de índices de liberación de calor, tiempos de respuesta y espaciamientos cuando las variables características de los incendios, detectores y habitaciones se modifican en el ejemplo de análisis.

A.4.3.9 Espaciamiento de detectores de calor de velocidad de aumento

A.4.3.9.1 El procedimiento anterior puede utilizarse para calcular la respuesta de los detectores de calor de velocidad de aumento para objetivos de diseño o análisis. En este caso, es necesario suponer que la respuesta del detector de calor puede reproducirse mediante un modelo de transferencia de calor de masa concentrada.

**Hoja de trabajo para el diseño y análisis de
la detección de incendios Ejemplo de diseño**

1.	Determinar la altura del cielorraso a temperatura ambiente (T_a) o la altura por encima del combustible (H).	$T_a = \underline{10} \text{ } ^\circ\text{C} + 273 = \underline{283} \text{ K}$ $H = \underline{4} \text{ m}$
2.	Determinar la característica de crecimiento del incendio (α o t_g) para el incendio de diseño previsto.	$\alpha = \underline{0.047} \text{ kW/s}^2$ $t_g = \underline{150} \text{ s.}$
3a.	Definir las características de los detectores.	$T_s = \underline{57} \text{ } ^\circ\text{C} + 273 = \underline{330} \text{ K}$ $RTI = \underline{98} \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ $\frac{dT_d}{dt} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ } ^\circ\text{C/min}$ $\tau_0 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ s}$
3b.	<i>Diseño</i> — Establecer las metas del sistema (t_{CR} o Q_{CR}) y hacer una primera estimación de la distancia (r) desde el incendio hasta el detector.	$t_{CR} = \underline{146} \text{ s}$ $r = \underline{3.3} \text{ m}$ $Q_{CR} = \underline{1000} \text{ kW}$
3b.	<i>Análisis</i> — Determinar el espaciamiento de los detectores existentes y hacer una primera estimación del tiempo de respuesta o del tamaño del incendio en la respuesta del detector ($Q = \alpha t^2$).	$r = \underline{\hspace{2cm}} * 1.41 = \underline{\hspace{2cm}} = S(m)$ $Q = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kW}$ $t_d = \underline{\hspace{2cm}} \text{ s}$
4.	Aplicando la ecuación A.19a, calcular el tiempo nodimensional (t_{2f}^*) en el que el frente de calor inicial llega al detector.	$t_{2f}^* = 0.861 \left(1 + \frac{r}{H}\right)$ $t_{2f}^* = 1.57$
5.	Calcular el factor A definido por la relación para A en la ecuación A.18d.d.	$\left(A = \frac{g^2}{C_p T r_0}\right)$ $A = 0.030$
6.	Aplicar el tiempo de respuesta requerido (t_{CR}) junto con la relación para t^* t_p^* en la ecuación A.18c y $p = 2$ para calcular el valor correspondiente de t_2^*	$t_2^* = \frac{t_{CR}}{A^{-1/(3+p)} \alpha^{-1/(3+p)} H^{4/(3+p)}}$ $t_2^* = 12.98$
7.	Si $t_2^* > t_p^*$ seguir con el paso 8. Si no, intentar con una nueva posición del detector (r) y volver al paso 4.	
8.	Calcular el coeficiente $\frac{(u)}{u_2^*}$ aplicando la relación para u_2^* en la ecuación A.18a.	$\frac{(u)}{u_2^*} = A^{1/(3+p)} u^{1/(3+p)} H^{(p-1)/(3+p)}$ $\frac{(u)}{u_2^*} = 0.356$
9.	Calcular el coeficiente $\frac{\Delta T}{\Delta T_2^*}$ aplicando la relación para ΔT_2^* en la ecuación A.18b.	$\frac{\Delta T}{\Delta T_2^*} = A^{2/(3+p)} \left(\frac{T_a}{g}\right) \alpha^{2/(3+p)} H^{-(5+p)/(3+p)}$ $\frac{\Delta T}{\Delta T_2^*} = 0.913$
10.	Aplicar la relación para ΔT_2^* en la ecuación A.19c para calcular ΔT_2^*	$\Delta T_2^* = \left[\frac{t_2^* - t_{2f}^*}{(0.146 + \frac{0.242r}{H})} \right]^{4/3}$ $\Delta T_2^* = 105.89$
11.	Aplicar la relación para $\frac{u}{\Delta T_2^*}$ en la ecuación A.19d para calcular el coeficiente $\frac{u_2^*}{(\Delta T_2^*)^{1/2}}$	$\frac{u_2^*}{(\Delta T_2^*)^{1/2}} = 0.59 \left(\frac{r}{H}\right)^{-0.63}$ $\frac{u_2^*}{(\Delta T_2^*)^{1/2}} = 0.66$
12.	Aplicar las relaciones para Y y D en las ecuaciones A.20c y A.20d para calcular Y.	$Y = \left(\frac{3}{4}\right) \left(\frac{u}{u_2^*}\right)^{1/2} \left(\frac{u_2^*}{\Delta T_2^{1/2}}\right)^{1/2} \left(\frac{\Delta T_2}{RTI}\right) \left(\frac{t}{t_2}\right) D$ $Y = 1.533$
13.	Detector de calor de temperatura fija — Aplicar la relación para $T_d(t) - T_d(0)$ en la ecuación A.20a para calcular la temperatura del detector resultante $T_d(t)$.	$T_d(t) = \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_2^*}\right) \Delta T_2^* \left[1 - \frac{(1-e^{-Y})}{Y}\right] + T_d(0)$ $dT_d(t) = 57.25$
14.	Detector de calor de velocidad de aumento — Aplicar la relación para $\frac{dT_d(t)}{dt}$ en la ecuación A.20b.	$dT_d = \frac{\left(\frac{4}{3}\right) \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_2^*}\right) (\Delta T_2)^{1/4} (1-e^{-Y})}{\left(\frac{t}{t_2}\right) D}$ $dT_d =$
15.	Si: 4. $T_d > T_s$ 5. $T_d < T_s$ 6. $T_d = T$	Repetir el procedimiento aplicando Diseño 3. mayor r 4. menor r 3. $s = 1.41 \times r = \underline{4.7} \text{ m}$ Análisis 1. mayor t_r 2. menor t_r 3. $t_r = \underline{\hspace{2cm}} \text{ s.}$

Figura A.8 — Hoja de trabajo para el diseño y análisis de la detección de incendios

A.4.3.9.2 En el paso 3 de las figuras A.7, A.8, y A.9, el usuario debe determinar el índice de elevación de temperatura (dT_d/dt) en la cual se accionará el detector a partir de información del fabricante. [Se deberá observar que los detectores de calor de velocidad de aumento listados se encuentran diseñados para activarse a un índice nominal de elevación de temperatura de 8°C (15°F) por minuto]. El usuario deberá utilizar la relación para $dT_d(t)/dt$ en la ecuación A.20b en lugar de la relación para $dT_d(t) T_d(0)$ en la ecuación A.20a para poder calcular el índice de cambio de la temperatura del detector. Luego se compara este valor al índice de cambio en la cual el detector elegido debe responder.

NOTA El supuesto de que la transferencia de calor hacia un detector puede modelarse como una masa concentrada pudiera no sostenerse para los detectores de calor de velocidad de aumento. Esto se debe al principio operativo de esta clase de detector, por el cual la mayoría de los detectores de velocidad de aumento funcionan cuando el aire dentro de una cámara se expande a una velocidad más elevada de su posibilidad de salida a través de un orificio. Para poder reproducir de manera adecuada la respuesta del detector de velocidad de aumento, se necesitaría copiar la transferencia de calor del cuerpo detector al aire de la cámara, como también el aire que atraviesa el orificio.

A.3.3.10 Detectores de calor de tasa compensada. Los detectores de tasa compensada no son analizados en detalle dentro del Anexo A. Sin embargo, un enfoque conservador para predecir su desempeño consiste en utilizar la orientación sobre detectores de calor de temperatura fija incluidos aquí.

A.5 Espaciamiento para detectores de humo en incendios con llama

A.5.1 Introducción

A.5.1.1 A diferencia de los detectores de calor, la investigación de listado de los detectores de humo no arroja un “espaciamiento listado”, en su lugar, los fabricantes recomiendan un espaciamiento. Dado que el mayor espaciamiento que puede evaluarse en el laboratorio de pruebas a escala completa es de 7.6 m (25 pies), se ha transformado en una práctica habitual recomendar un espaciamiento de 9.1 m (30 pies) para detectores de humo cuando se encuentran instalados en cielorrasos planos y lisos. Las reducciones en el espaciamiento de detectores de humo se realizan de manera empírica para afrontar factores que pueden afectar la respuesta, como la altura del cielorraso, los cielorrasos con vigas o viguetas, y áreas que poseen índices elevados de movimiento de aire.

A.5.1.2 Sin embargo, la ubicación de detectores de humo debería estar basada en un estudio de los flujos de la pluma del incendio y de los flujos de gases a nivel del cielorraso, índices de producción de humo, cambios particulados debido al envejecimiento y las características operativas de los detectores específicos que se están utilizando. La información sobre el espaciamiento de detectores de calor incluida en la apartado A.3 está basada en conocimientos sobre flujos de columna de humo y de chorros de gas. Los conocimientos sobre producción de humo y envejecimiento se encuentran muy atrasados respecto de los conocimientos sobre producción de calor. Además, las características operativas de los detectores de humo en medios específicos de incendio a menudo no son evaluadas y se hacen disponibles sólo para muy pocos materiales combustibles. Por lo tanto, la base de conocimiento actual excluye el desarrollo de información completa sobre diseño de ingeniería para la ubicación y espaciamiento de los detectores de humo.

Hoja de trabajo para el diseño y análisis de
la detección de incendios
Ejemplo de diseño 2

1.	Determinar la altura del cielorraso a temperatura ambiente (T_a) o la altura por encima del combustible (H).	$T_a = 10$ °C + 273 = 283 K $H = 4$ m
2.	Determinar la característica de crecimiento del incendio (α o t_g) para el incendio de diseño previsto.	$\alpha = 0.047$ kW/s ² $t_g = 150$ s.
3a.	Definir las características de los detectores.	$T_s = 57$ °C + 273 = 330 K RTI = 98 m ^{1/2} s ^{1/2} $\frac{dT_d}{dt} =$ °C/min $\tau_0 =$ s
3b.	Diseño — Establecer las metas del sistema (t_{CR} o Q_{CR}) y hacer una primera estimación de la distancia (r) desde el incendio hasta el detector.	$t_{CR} =$ s $r =$ m $Q_{CR} =$ kW
3b.	Análisis — Determinar el espaciamiento de los detectores existentes y hacer una primera estimación del tiempo de respuesta o del tamaño del incendio en la respuesta del detector ($Q = \alpha t^2$).	$r = 6.5 * 1.41 = 9.2 = S(m)$ $Q = 1.523$ kW $t_d = 180$ s
4.	Aplicando la ecuación A.19a, calcular el tiempo no dimensional (t_{2f}^*) en el que el frente de calor inicial llega al detector.	$t_{2f}^* = 0.861 \left(1 + \frac{r}{H}\right)$ $t_{2f}^* = 2.26$
5.	Calcular el factor A definido por la relación para A en la ecuación A.18d.d.	$A = \frac{g^{2/3}}{c_p T_{r0}}$ $A = 0.030$
6.	Aplicar el tiempo de respuesta requerido (t_{CR}) junto con la relación para t^* en la ecuación A.18c y $p = 2$ para calcular el valor correspondiente de t_2^*	$t_2^* = \frac{t_{CR}}{A^{-1/(3+p)} \alpha^{-1/(3+p)} H^{4/(3+p)}}$ $t_2^* = 16$
7.	Si $t_2^* > t_{2f}^*$, seguir con el paso 8. Si no, intentar con una nueva posición del detector (r) y volver al paso 4.	
8.	Calcular el coeficiente $\frac{(u)}{u_2^*}$ aplicando la relación para u_2^* en la ecuación A.18a.	$\frac{(u)}{u_2^*} = A^{1/(3+p)} u^{1/(3+p)} H^{(p-1)/(3+p)}$ $\frac{(u)}{u_2^*} = 0.356$
9.	Calcular el coeficiente $\frac{\Delta T}{\Delta T_2^*}$ aplicando la relación para ΔT_2^* en la ecuación A.18b.	$\frac{\Delta T}{\Delta T_2^*} = A^{2/(3+p)} \left(\frac{T_a}{g}\right) \alpha^{2/(3+p)} H^{-(5+p)/(3+p)}$ $\frac{\Delta T}{\Delta T_2^*} = 0.913$
10.	Aplicar la relación para ΔT_2^* en la ecuación A.19c para calcular ΔT_2^*	$\Delta T_2^* = \left[\frac{t_2^* - t_{2f}^*}{(0.146 + \frac{0.242r}{H})} \right]^{4/3}$ $\Delta T_2^* = 75.01$
11.	Aplicar la relación para $\frac{u_2^*}{\Delta T_2^*}$ en la ecuación A.19d para calcular el coeficiente $\frac{u_2^*}{(\Delta T_2^*)^{1/2}}$	$\frac{u_2^*}{(\Delta T_2^*)^{1/2}} = 0.59 \left(\frac{r}{H}\right)^{-0.63}$ $\frac{u_2^*}{(\Delta T_2^*)^{1/2}} = 0.435$
12.	Aplicar las relaciones para Y y D en las ecuaciones A.20c y A.20d para calcular Y .	$Y = \left(\frac{3}{4}\right) \left(\frac{u}{u_2}\right)^{1/2} \left(\frac{u_2}{\Delta T_2^{1/2}}\right)^{1/2} \left(\frac{\Delta T_2}{RTI}\right) \left(\frac{t}{t_2}\right) \Delta$ $Y = 1.37$
13.	Detector de calor de temperatura fija — Aplicar la relación para $T_d(t) - T_d(0)$ en la ecuación A.20a para calcular la temperatura del detector resultante $T_d(t)$.	$T_d(t) = \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_2^*}\right) \Delta T_2^* \left[1 - \frac{(1-e^{-Y})}{Y}\right] + T_d(0)$ $dT_d(t) = 41$
14.	Detector de calor de velocidad de aumento — Aplicar la relación para $\frac{dT_d(t)}{dt}$ en la ecuación A.20b.	$dT_d = \left[\left(\frac{4}{3}\right) \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_2^*}\right) (\Delta T_2^*)^{1/4} \frac{(1-e^{-Y})}{(t/t_2)^D} \right] dt$ $dT_d =$
15.	Si: 7. $T_d > T_s$ 8. $T_d < T_s$ 9. $T_d = T$	Repetir el procedimiento aplicando Diseño 5. mayor r 6. menor r 3. $s = 1.41 \times r =$ m Análisis 1. mayor t_r 2. menor t_r 3. $t_r =$ s.

Figura A.9 — Hoja de trabajo para el diseño y análisis de la detección de incendios. — Ejemplo de diseño 2

Tabla A.6(a) — Temperatura operativa versus índice de transferencia de calor [S = 9.1 m (30 pies)]

Temperatura operativa		Índice de liberación de calor/tiempo de respuesta	
°C	°F	kW/s	Btu/s/s
57	135	2132/213	2022/213
74	165	2798/244	2654/244
93	200	3554/275	3371/275

Tabla A.6 (b) — Temperatura operativa versus espaciamiento [Qd = 1000 kW (948 Btu/s)]

Temperatura operativa		Espaciamiento	
°C	°F	m	pies
57	135	4.7	15.4
74	165	3.5	11.5
93	200	2.5	8.2

Tabla A.6(c) — RTI versus índice de liberación de calor [S = 9.1 m (30 pies)]

RTI		Índice de liberación de calor/tiempo de respuesta	
$m^{1/2} s^{1/2}$	Pies ^{1/2} s ^{1/2}	kW/s	Btu/s/s
50	93	1609/185	1526/185
150	280	2640/237	2504/237
300	560	3898/288	3697/288

Tabla A.6 (d) — RTI versus espaciamiento [Qd = 1000 kW (948 Btu/s)]

Temperatura operativa		Espaciamiento	
$m^{1/2} s^{1/2}$	Pies ^{1/2} s ^{1/2}	m	pies
50	93	6.1	20.0
150	280	3.7	12.1
300	560	2.3	7.6

Tabla A.6 (e) — Temperatura ambiente versus índice de liberación de calor [S = 9.1 m (30 pies)]

Temperatura ambiente		Índice de liberación de calor/tiempo de respuesta	
°C	°F	kW/s	Btu/s/s
0	32	2552/233	2420/233
20	68	1751/193	1661/193
38	100	1058/150	1004/150

Tabla A.6(f) — Temperatura ambiente versus espaciamiento [Qd = 1000 kW (948 Btu/s)]

Temperatura ambiente		Espaciamiento	
°C	°F	m	pies
0	32	3.8	12.5
20	68	5.7	18.7
38	100	8.8	28.9

Tabla A.6 (g) — Altura del cielorraso versus índice de liberación de calor [S = 9.1 m (30 pies)]

Altura del cielorraso		Índice de liberación de calor/tiempo de respuesta	
m	pies	kW/s	Btu/s/s
2.4	8	1787/195	1695/195
4.9	16	2358/224	2237/224
7.3	24	3056/255	2899/255

Tabla A.6 (h) — Altura del cielorraso versus espaciamiento [Qd = 1000 kW (948 Btu/s)]

m	pies	m	pies
2.4	8	5.8	19.0
4.9	16	4.0	13.1
7.3	24	2.1	6.9

Tabla A.6 (i) — Espaciamiento del detector versus índice de liberación de calor [S = 9.1 m (30 pies)]

Espaciamiento del detector		Índice de liberación de calor/ tiempo de respuesta	
m	pies	kW/s	Btu/s/s
4.6	15	1000/146	949/146
9.1	30	2132/213	2022/213
15.2	50	4146/297	3932/297

Tabla A.6 (j) — Índice de crecimiento del incendio versus índice de liberación de calor [S = 9.1 m (30 pies)]

Índice de crecimiento del incendio	Índice de liberación de calor/ tiempo de respuesta	
	kW/s	Btu/s/s
Lento $t_g = 400$ s	1250/435	1186/435
Medio $t_g = 250$ s	1582/306	1499/306
Rápido $t_g = 100$ s	2769/162	2626/162

Tabla A.6 (k) — Índice de crecimiento del incendio versus espaciamiento [Qd = 1000 kW (948 Btu/s)]

Índice de crecimiento del incendio	Espaciamiento	
	m	Pies
Lento, $t_g = 400$ s	8.2	26.9
Medio, $t_g = 250$ s	6.5	21.3
Rápido, $t_g = 100$ s	3.7	12.1

A.5.1.3 En aplicaciones de diseño en las que predecir la respuesta de los detectores de humo no resulta crucial, los criterios de espaciamiento expuestos en el capítulo 4 deberían proveer suficiente información para poder diseñar un sistema de detección de humo muy básico. Sin embargo, si las metas y los objetivos establecidos para el sistema de detección requieren una respuesta dentro de un determinado lapso de tiempo, una densidad óptica, un índice de liberación de calor o una elevación de temperatura, entonces se necesitará la realización de un análisis adicional. Para estas situaciones, se requiere información en cuanto a las características esperadas del incendio (combustible y su índice de crecimiento) y

características del transporte, del detector y del compartimiento. Por lo tanto, se brinda la siguiente información en conexión a la respuesta del detector de humo y a una serie de enfoques basados en el desempeño para evaluar la respuesta de los detectores de humo.

A.5.2 Características de respuesta de los detectores de humo

Para poder determinar si un detector de humo responderá a un determinado QCR, se deberán evaluar una variedad de factores. Dentro de estos factores se encuentran las características del humo, transporte del humo y las características del detector.

A.5.3 Características del humo

A.5.3.1 Las características del humo son una función de la composición del combustible, el modo de combustión (con o sin llama) y el porcentaje de mezcla con el aire ambiente (dilución). Estos factores son importantes para determinar las características de los productos de la combustión, tales como tamaño de partículas, distribución, composición, concentración, índice de refracción, etc. La importancia de estas características con relación a la respuesta de los detectores de humo se encuentra bien documentada.

A.5.3.2 Los detectores de humo ya sea que el método sensor utilice luz dispersada, pérdida de transmisión de luz (extinción de luz) o reducción de corriente iónica, son detectores de partículas. Por lo tanto, la concentración, el tamaño, el color y la distribución del tamaño de las partículas, entre otros ejemplos, afectan a cada tecnología de detección de manera diferente. Es de reconocimiento general que un incendio con llama, bien ventilado y fuerte produce humo con una proporción importante de particulados de diámetro sub micrónico, a diferencia del incendio sin llama, que produce humo con una predominancia de particulados grandes y supermicrónicos. También se sabe que a medida que el humo se enfría, las partículas más pequeñas se aglomeran, formando partículas más grandes a medida que envejecen, y se alejan de la fuente de incendio. Se necesita más investigación para poder predecir las características del humo en la fuente, al igual que durante el transporte. Es más, deberán desarrollarse modelos de respuesta que puedan predecir la respuesta de un detector determinado frente a diferentes clases de humo, al igual que el humo que ha envejecido durante el paso desde el incendio hasta la ubicación del detector.

A.5.4 Consideraciones sobre el transporte.

A.5.4.1 Todos los métodos de detección de humo se basan en los flujos de columnas y chorros de gas que se desplazan desde el lugar del incendio hasta el detector. Deberán realizarse una serie de consideraciones durante el tiempo de transporte, incluyendo cambios en las características del humo, que suceden debido al tiempo y la distancia desde la fuente, y el tiempo de transporte del humo desde la fuente hasta el detector.

A.5.4.2 Los cambios de características del humo que ocurren durante el transporte están conectados principalmente a la distribución del tamaño de las partículas. El cambio del tamaño de las partículas sucede como resultado de la sedimentación y la aglomeración.

A.5.4.3 El tiempo de transporte es una función de las características del camino de recorrido desde la fuente hasta el detector. Algunas de las características importantes que deberían considerarse incluyen la altura y la configuración del cielorraso (por ejemplo, inclinado o con vigas), barreras intermedias tales como puertas o vigas, así como efectos de dilución y flotabilidad, como la estratificación, que podría demorar o detener el desplazamiento del humo hacia el detector.

A.5.4.4 En incendios sin llama, la energía termal provee la fuerza necesaria para transportar partículas de humo hacia los sensores. Sin embargo, a menudo en el contexto de la detección de humo, el índice de liberación de energía (calor) es pequeño y el índice de crecimiento del incendio es lento. Por consiguiente, otros factores como el flujo de aire ambiente de los sistemas HVAC, el calentamiento solar no uniforme de la estructura y el enfriamiento de la estructura por el viento pueden ejercer una influencia importante en el desplazamiento de las partículas de humo hacia el sensor cuando se tienen en cuenta incendios de baja potencia.

A.5.4.5 En las etapas iniciales del desarrollo de un incendio creciente, los mismos efectos ambientales interiores, como el flujo de aire ambiente de los sistemas HVAC, el calentamiento solar no uniforme de la estructura y el enfriamiento de la estructura por el viento, pueden ejercer una influencia importante en el transporte del humo. Esto es particularmente importante en espacios que cuentan con cielorrasos altos. A fin de poder superar estos efectos ambientales interiores, se necesita una mayor liberación de energía termal proveniente del incendio. Puesto que el incendio debe alcanzar un nivel de liberación de calor lo suficientemente alto antes de que pueda superar los flujos de aire ambiente interiores y desplazar el humo hacia los detectores instalados en el cielorraso, el uso de un espaciamiento más reducido de los detectores de humo no mejoraría de manera significativa su respuesta. Por lo tanto, cuando se considera sólo la altura del cielorraso, un espaciamiento de detectores de humo menor a los 9.1 m (30 pies) no se justificaría, excepto en instancias en las que un análisis de ingeniería señala la posibilidad de un beneficio adicional. También deberían considerarse otras características de construcción. (Ver las secciones correspondientes del capítulo 4 que analizan los detectores de humo y su uso para el control de propagación de humo).

A.5.5 Dilución del humo

A.5.5.1 La dilución del humo provoca una reducción en la cantidad de humo por unidad de volumen de aire que alcanza el detector. Comúnmente, la dilución ocurre debido al arrastre de aire en las columnas o los chorros de humo dirigidos al cielorraso, o a la incidencia de los sistemas HVAC. Los sistemas de ventilación forzada con índices altos de cambio de aire a menudo provocan la mayor preocupación, especialmente en las primeras etapas del desarrollo del incendio, cuando el índice de producción de humo y la velocidad de la columna de humo son bajos. Los flujos de aire provenientes de la ventilación de entrada y salida pueden crear patrones definidos de movimiento de aire dentro de un compartimiento, lo que puede alejar el humo de los detectores que se encuentran fuera de esos recorridos, o no permitir el ingreso del humo a un detector que se encuentra ubicado directamente dentro de la trayectoria del aire.

A.5.5.2 En la actualidad, no existen métodos cuantitativos para calcular la dilución de humo o la incidencia del flujo de aire sobre la ubicación de los detectores de humo. Es por eso que dichos factores deberían analizarse de manera cualitativa. El diseñador deberá comprender que los efectos del flujo de aire se vuelven más grandes a medida que se vuelve más pequeño el tamaño del incendio en el momento de la detección (QCR). Dependiendo de la aplicación, el diseñador puede considerar útil la obtención de perfiles de flujo de aire y de velocidad dentro de la habitación, o incluso llevar a cabo pruebas de humo a pequeña escala bajo una serie de condiciones para que sean de ayuda en el momento de diseñar el sistema.

A.5.6 Estratificación

A.5.6.1 El potencial para la estratificación del humo es otro problema al diseñar y analizar la respuesta de los detectores. Este es un tema muy preocupante con relación a la detección de incendios de baja energía e incendios en compartimientos de cielorrasos altos.

A.5.6.2 El movimiento ascendente del humo en la columna depende del humo que se encuentra flotando en el aire que la rodea. La estratificación ocurre cuando el humo o los gases calientes emanados por el incendio no ascienden a los detectores de humo colocados en un nivel determinado (a menudo en el cielorraso) debido a la falta de flotabilidad. Este fenómeno ocurre debido al continuo arrastre de aire más frío dentro de la columna de incendio a medida que se eleva, lo que provoca el enfriamiento del humo y de los gases de la columna. El enfriamiento de la columna provoca una reducción en la flotabilidad. Finalmente, la columna se enfría hasta un punto en que su temperatura se equipara a la del aire adyacente y su flotabilidad desciende a cero. Una vez que se alcanza este punto de equilibrio, el humo dejará de ascender y formará una capa que deberá mantener su altura por encima del incendio, sin tener en cuenta la altura del cielorraso, hasta que suficiente energía térmica adicional provenga del incendio para poder elevar la capa debido a una mayor flotabilidad. La altura máxima a la que el fluido de la columna (humo) ascenderá, especialmente en el período inicial de un incendio, depende del índice de liberación de calor por convección del incendio y de la temperatura ambiente del compartimento.

A.5.6.3 Puesto que el aire caliente se eleva, a menudo habrá una gradiente de temperatura en el compartimento. Resultan de particular interés los casos en que la temperatura del aire en la sección superior del compartimento es mayor que en el nivel inferior antes de la ignición. Esto puede suceder como resultado de una carga solar en lugares donde los cielorrasos contienen materiales vidriados. Existen métodos computacionales para poder evaluar el potencial de la estratificación intermedia en los dos casos siguientes, descritos en la figura A.10 (a).

1. Caso 1. La temperatura del ambiente es relativamente constante hasta una altura sobre la cual existe una capa de aire caliente a una temperatura uniforme. Esta situación puede darse si la sección superior de un centro comercial, atrio u otro espacio de grandes dimensiones no se encuentra ocupado y no existe aire acondicionado.
2. Caso 2. El aire ambiente interior de un compartimento tiene un gradiente de temperatura constante y uniforme (cambio de temperatura por unidad de altura) desde el piso hasta el cielorraso. Esto es común en instalaciones industriales y de almacenamiento que normalmente no tiene ocupación.

A.5.6.3.1 El análisis de estratificación intermedia se expone en la figura A.10b)

Las temperaturas de la línea central de la columna de los dos incendios, 1000 kW (948 Btu/s) y 2000 kW (1896 Btu/s), se grafican en base a cálculos de las correlaciones analizadas en esta sección. En el Caso 1, se considera que una función de escalón indica un cambio de temperatura de 30°C/m (16.5°F/pie) a 15 m (49.2 pies) por encima del nivel del piso, debido a que la sección superior del atrio no recibe aire acondicionado. Para el *Caso 2*, se considera de forma arbitraria una gradiente de temperatura de 1.5°C/m (0.82°F/pie) en un atrio con un cielorraso que asciende a 20 m (65.6 pies).

A.5.6.3.1.1 Espacios con gradiente de temperatura de función Escalón

Si la temperatura del aire interior presenta un cambio discreto en alguna elevación por encima del nivel del piso, el potencial para la estratificación puede evaluarse mediante la utilización de la correlación de temperaturas de la línea central de la columna. Si la temperatura de la línea central de la columna es igual

a la temperatura ambiente, la columna ya no se eleva, pierde su fuerza ascendente y se estratifica a esa altura. La temperatura de la línea central de la columna puede calcularse a través de la siguiente ecuación:

$$T_c = 25Q^{2/4}Z^{-5/3} + 20 \text{ (para unidades SI)} \quad (\text{A.28a})$$

$$T_c = 25316Z^{-5/3} + 70 \text{ (para unidades pulgada – libra)} \quad (\text{A.28b})$$

dónde:

T_c = temperatura de la línea central de la columna ($^{\circ}\text{C}$ o $^{\circ}\text{F}$).

Q_c = porción convectiva del índice de liberación de calor de un incendio (kW o Btu/s).

z = altura por encima de la parte superior del paquete de combustible involucrado (m o pies).

A.5.6.3.2 Espacios con gradiente lineal de temperatura

Para determinar si el humo o calor ascendentes de una columna de incendio de eje simétrico se estratificará debajo de los detectores, puede aplicarse la siguiente ecuación, en la que la temperatura ambiente se incrementa de manera lineal a mayor elevación:

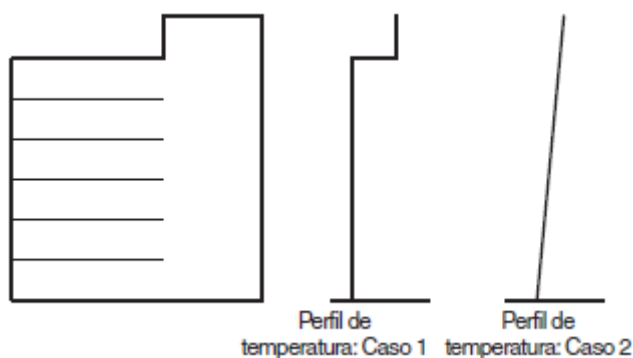


Figura A.10 (a) — Perfiles de temperatura previos al incendio

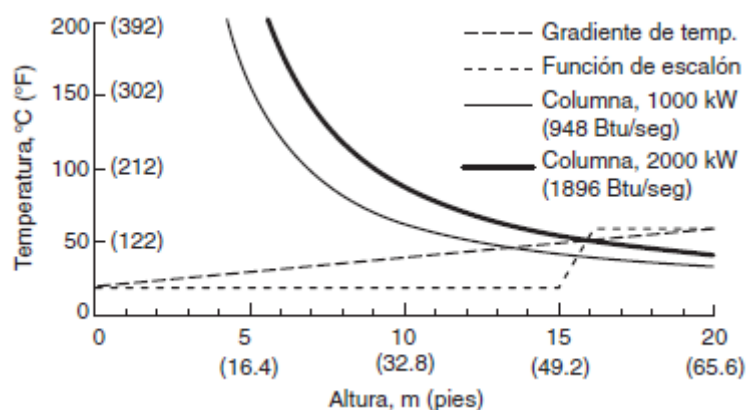


Figura A.10(b) — Perfiles de temperatura del aire interior y de las columnas de humo con potencial para estratificación intermedia

$$Z_m = 5.54Q^{1/4} \left(\frac{\Delta T_0}{dz} \right)^{-3/8} \text{ (para unidades SI)} \quad (\text{A.29a})$$

$$Z_m = 14.7 Q^{1/4} \left(\frac{\Delta T_0}{dz} \right)^{-3/8} \text{ (para unidades pulgada – libra)} \quad (\text{A.29b})$$

dónde:

Z_m = altura máxima de la elevación del humo por encima de la superficie del incendio (m o pies).

ΔT_0 = diferencia entre la temperatura ambiente en la ubicación de los detectores y la temperatura ambiente al nivel de la superficie del incendio (°C o °F).

Q_c = porción convectiva del índice de liberación de calor (kW o Btu/s).

A.5.6.3.2.1 La porción convectiva del índice de liberación de calor (Q_c) puede estimarse en 70% del índice de liberación de calor.

A.5.6.3.2.2 Como una alternativa a utilizar la expresión descrita para calcular directamente la altura máxima a la que ascenderán el humo o el calor, puede usarse la figura A.11 para determinar Z_m en incendios determinados. Donde Z_m calculado o determinado en forma gráfica es mayor que la altura instalada de los detectores, se prevé que el humo o el calor provenientes de una columna de incendio ascendente alcanzarán los detectores. Donde los valores comparados de Z_m y la altura instalada de los detectores tienen alturas similares, la predicción de que el humo o el calor alcanzarán los detectores deja de ser confinable.

A.5.6.3.2.3 Suponiendo que la temperatura ambiente varía de forma lineal con la altura, la Q_c mínima requerida para superar la diferencia de temperatura ambiente y enviar el humo hacia el cieloraso ($Z_m = H$) puede determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_c = 0.0018H^{5/2} \Delta T_0^{3/2} \text{ (para unidades SI)} \quad (\text{A.30a})$$

O

$$Q_c = 2.39 \times 10^{-5} H^{5/2} \Delta T_0^{3/2} \text{ (para unidades pulgada – libra)} \quad (\text{A.30b})$$

Cabe destacar que las variables se encuentran identificadas en la apartado A.8.

A.5.6.3.2.4 La base teórica para el cálculo de estratificación se encuentra en los trabajos de Morton, Taylor, y Turner y Heskestad. Para más información sobre la derivación de la expresión que define Z_m , consultar el trabajo de Klote y Milke y NFPA 92.

A.5.7 Características del detector

A.5.7.1 Generalidades

Una vez que el humo se desplaza hacia el detector, ciertos factores adicionales resultan importantes para determinar si habrá una respuesta. Estos incluyen las características aerodinámicas del detector y el tipo de sensor. La aerodinámica del detector se relaciona con la facilidad con la que el humo puede pasar a través de la cubierta del detector e ingresar al sensor de la unidad. Además, otro factor de importancia es la ubicación de la pieza de ingreso al sensor respecto del perfil de velocidad del chorro de gases.

Finalmente, teniendo en cuenta las características del humo (color, tamaño de las partículas, densidad óptica, etc.), distintos métodos detectores (por ejemplo, por ionización o fotoeléctrico) responderán de manera diferente. Dentro de la familia de los dispositivos fotoeléctricos, habrá variaciones en cuanto a la longitud de onda de la luz y a los ángulos de difusión utilizados. Los siguientes párrafos analizan algunos de estos temas y una serie de métodos de cálculo.

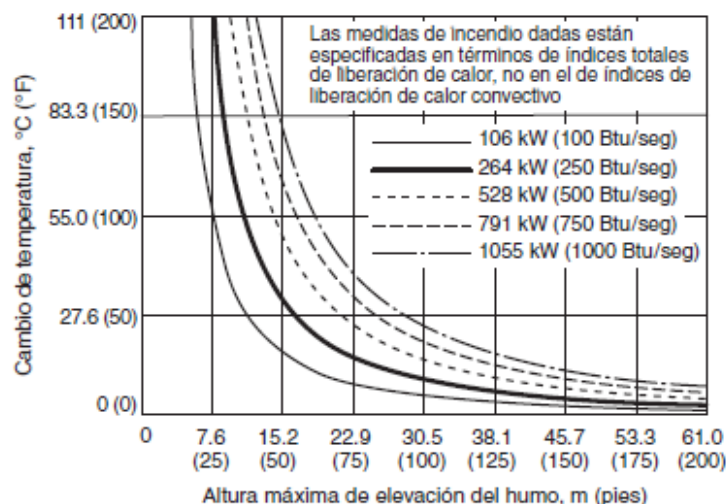


Figura A.11 — Cambio de temperatura y altura máxima de la elevación del humo en tamaños de incendios determinados

A.5.7.2 Resistencia al ingreso de humo

A.5.7.2.1 En todos los detectores de tipo puntual, el humo deberá ingresar a la cámara de detección para que se logre el accionamiento. Esto requiere que se tengan en cuenta factores adicionales cuando se intenta estimar la respuesta del detector de humo, puesto que el ingreso del humo a la cámara de detección puede verse afectado de varias maneras, por ejemplo, por mosquiteros, configuración de la cámara detectora y ubicación del detector respecto del cielorraso.

A.5.7.2.2 Al tratar de cuantificar esta situación, Heskestad desarrolló la idea del retardo del detector de humo para explicar la diferencia en densidad óptica fuera (D_u) y dentro (D_o) de un detector cuando éste se activa. Se demostró que esta diferencia podría explicarse mediante el uso de un factor de corrección D_{uc} a través de la siguiente relación:

$$D_{uc} = \frac{L \frac{d(D_u)}{dt}}{V} \quad (A.31)$$

dónde:

L = longitud característica de un diseño de detector determinado; representa la facilidad de ingreso del humo a la cámara detectora

$d(D_u)/dt$ = índice de incremento de densidad óptica fuera del detector

V = velocidad del humo en el detector

A.5.7.2.3 Una serie de estudios que analizaron esta correlación han brindado información adicional en cuanto al ingreso de humo y los retardos asociados; sin embargo, la dificultad de cuantificar L para diferentes detectores y relacionarlo con los requisitos de espaciamiento puede tener una utilidad limitada, y el concepto de velocidad crítica (uc) podría resultar más aplicable.

A.5.7.3 Velocidad crítica

A.5.7.3.1 La velocidad crítica de un detector de humo alude a la velocidad mínima del humo necesaria para ingresar a la cámara sensora y provocar una alarma sin demoras significativas a causa de un retraso en la entrada de humo. Las alarmas pueden ocurrir a velocidades inferiores al valor de velocidad crítica, pero su respuesta puede retrasarse o requerir mayores concentraciones de humo de lo que normalmente sería necesario. El flujo que pasa a través del detector provoca una diferencia de presión entre los lados ascendentes y descendentes del detector. Esta diferencia de presión representa la fuerza principal que hace que el humo ingrese en la unidad.

A.5.7.3.2 Trabajos experimentales han indicado que esta velocidad crítica es de aproximadamente 0.15 m/s (0.49 pies/s) para los detectores por ionización puestos a prueba en un estudio en particular. Una vez que las velocidades se redujeron por debajo de este nivel, el nivel de concentración de humo fuera del detector ante de una condición de alarma se incrementó drásticamente en comparación con los niveles de concentración de humo cuando la velocidad se encontraba por encima del valor crítico. Otro estudio detectó que las velocidades medidas al momento de la alarma para los detectores fotoeléctricos y por ionización en pruebas de llama de incendio en escala real generalmente soportaron este valor de velocidad, con un valor medio de 0.13 m/s. (0.43 pies/s.) y una desviación estándar de 0.07 m/s. (0.23 pies/s.). Por lo tanto, calcular la velocidad crítica puede resultar útil para el diseño y el análisis.

A.5.7.3.3 Es interesante destacar que este valor de velocidad crítica (0.15 m/s. o 0.49 pies/s.) se encuentra muy cercano al que deberá responder un detector de humo en la cámara de sensibilidad del detector de humo de UL para poder ser listado. La ubicación en el chorro de gases donde se alcanza esta velocidad para un incendio y altura de cielorraso determinados podría, por lo tanto, considerarse como la primera aproximación para la ubicación de detectores. Esto es así siempre y cuando se trate de cielorrasos horizontales y planos. También se deberá tener cuidado al usar esta correlación; de considerar los efectos potenciales de coagulación y aglomeración, y la acumulación de humo dentro del chorro de gases a medida que se aleja de la fuente del incendio y pierde su flotabilidad. La velocidad para la entrada de humo puede estar presente, pero la concentración del humo puede no ser suficiente como para activar el detector.

A.5.7.4 Respuesta al color del humo

A.5.7.4.1 Algunos detectores de humo que utilizan un medio óptico para la detección responden de manera diferente a humos de colores diferentes.

A.5.7.4.1.1 En la actualidad, los fabricantes brindan poca información en sus especificaciones en cuanto a la respuesta de los detectores de humo, al igual que en la información incluida en las etiquetas de la parte posterior de los detectores. Esta información de respuesta señala sólo valores de respuesta nominal respecto del humo gris, no negro, y a menudo se la brinda con un rango de respuesta en lugar de un valor de respuesta exacto. Este rango cumple con ANSI/UL 268, Standard for Smoke Detectors for Fire Alarm Systems.

A.5.7.4.2 En la tabla A.7 se incluyen los rangos de respuesta permitidos por UL para humos grises. Ediciones anteriores de la ANSI/UL 268 contienen rangos de respuesta para humos negros y también se detallan para su comparación.

A.5.7.4.3 Los detectores responden a diferentes niveles de densidad óptica, diferentes combustibles y diferentes tipos de humo. En la tabla A.8 pueden verse ejemplos de esto, la misma contiene los valores de densidad óptica en la respuesta recomendados por Heskestad y Delichatsios en base a sus pruebas.

A.5.7.4.3.1 Cabe destacar las amplias variaciones en respuesta no sólo a los materiales que producen relativamente el mismo color de humo, sino también al humo de diferente color, que es mucho más pronunciado. También Cabe destacar que existió una variación en la densidad óptica en los valores de la respuesta para un material determinado en la prueba conducida por Heskestad y Delichatsios, que no se detalla en la tabla A.8. Los valores citados en la tabla A.8 son suministrados a modo de ejemplo de la variación en la densidad óptica en la respuesta, pero estos valores no son necesariamente apropiados para todos los análisis. Por ejemplo, los resultados presentados para poliuretano y PVC incluyeron incendios relativamente grandes y de rápido desarrollo, y los incendios con índices de crecimiento menores podrían originar valores inferiores de densidad óptica en la respuesta. Se deberá poder obtener información más detallada acerca de la variación de la densidad óptica en la respuesta a partir de Geiman y Gottuk y Geiman

A.5.7.5 Densidad óptica y temperatura

A.5.7.5.1 Durante un incendio con llama, la respuesta del detector de humo se ve afectada por la altura del cielorraso y el tamaño y el índice de crecimiento del incendio de la misma manera que el detector de calor. La energía termal del incendio con llama desplaza las partículas de humo a la cámara de detección de la misma manera que lo hace con el calor hacia el sensor de calor. Mientras que la relación entre la cantidad de humo y la cantidad de calor producidas por un incendio depende en gran medida del combustible y de la manera en que se está quemando, una serie de investigaciones ha demostrado que la relación entre la temperatura y la densidad óptica del humo mantiene cierta constancia dentro de la columna del incendio y sobre el cielorraso en las proximidades de la columna.

Tabla A.7 — ANSI/UL 268 Criterios de aceptación para pruebas del detector de humo con humo de diferentes colores

Color del humo	Rango de respuesta aceptable	
	%/m	%/pie
Gris	1.6–12.5	0.5–4.0
Negro	5.0–29.2	1.5–10.0

A.5.7.5.1.1 Estos resultados se basaron en el trabajo realizado por Heskestad y Delichatsios y se los indica en la tabla A.9. Cabe destacar que, para un combustible determinado, la relación entre densidad óptica e incremento de temperatura entre los niveles máximos y mínimos es de 10 o menos.

A.5.7.5.2 En situaciones en las que la densidad óptica en el momento de la respuesta del detector se conoce y es independiente de la distribución del tamaño de las partículas, la respuesta del detector puede aproximarse como una función del índice de liberación de calor del combustible, el índice de crecimiento del incendio y la altura del cielorraso, dando por sentado que existen las correlaciones anteriores.

A.5.7.5.3 Cuando el Anexo C de la NFPA 72E (el cual ya no se imprime) fue publicado por primera vez en 1984, se utilizaba un incremento de temperatura de 13°C (20°F) para indicar la respuesta del detector. Schifiliti y Pucci han combinado parte de la información de Heskestad y Delichatsios para crear la tabla A.8 que muestra el incremento de temperatura en el momento de respuesta del detector.

A.5.7.5.3.1 Cabe destacar que el incremento de temperatura asociado con la respuesta del detector varía de manera significativa según el tipo de detector y combustible.

Tabla A.8 — Valores de densidad óptica en la respuesta para incendios con llama

Densidad óptica en la respuesta					
Material	Dur(m ⁻¹)		Dur(ft ⁻¹)		Color relativo del humo
	Ionización	Fotoeléctrico	Ionización	Fotoeléctrico	
Pilas de madera	0.016	0.049	0.005	0.015	Claro
Tela de algodón	0.002	0.026	0.0005	0.008	Claro
Espuma de poliuretano	0.164	0.164	0.05	0.05	Oscuro
PVC	0.328	0.328	0.1	0.1	Oscuro
Variación			200:1	12.5:1	

Tabla A.9 — Razón de la densidad óptica al aumento de temperatura

Material	$D_u/\Delta T$ [(m °C) ⁻¹]		$D_u/\Delta T$ [(pies °F) ⁻¹]		Máximo: Mínimo
	Valor representativo	Rango del valor	Valor representativo	Rango del valor	
Madera (pino dulce, 5% humedecido)	1.20E-03	8.9E-4–3.2E-3	2.00E-04	1.5E-5–5.5E-4	3.7:1
Algodón (tela de muselina no blanqueada)	5.9E-4/1.2E-3	3.0E-4–1.8E-3	1.0E-04/2.0E-4	5.0E-5–3.0E-4	6:1
Papel (en cubo de basura)	1.80E-03	Información no disponible	3.00E-04	Información no disponible	—
Espuma de poliuretano	2.40E-03	1.2E-2–3.2E-2	4.00E-04	2.0E-3–5.5E-3	2.8:1
Fibra de poliéster (almohada de cama)	1.80E-02	Información no disponible	5.0E-3/1.0E-2	Información no disponible	—
PVC (aislamiento de cables)	3.0E-2/5.9E-2	5.9E-3–5.9E-2	3.00E-03	1.0E-3–1.0E-2	10:1
Goma espuma PU (almohadón de sillón)	7.70E-02	Información no disponible	1.30E-02	Información no disponible	—
Promedio	2.10E-02	3.0E-4–7.7E-2	3.60E-03	5.0E-05–1.3E-2	260:1

Tabla A.10 — Incremento de temperatura para la respuesta del detector

Material	Incremento de temperatura por ionización		Incremento de temperatura por dispersión	
	°C	°F	°C	°F
Madera	13.9	25	41.7	75
Algodón	1.7	3	27.8	50
Poliuretano	7.2	13	7.2	13
PVC	7.2	13	7.2	13
Promedio	7.8	14	21.1	38

A.5.7.5.3.2 También es importante notar que los valores en la tabla A.10 no se basan en las mediciones de temperatura tomadas en los tiempos de respuesta del detector, sino que fueron calculados por Heskestad y Delichatsios a partir de sus valores recomendados de densidad óptica de la respuesta (tabla A.8) y sus razones recomendadas de densidad óptica al aumento de temperatura (tabla A.9).

A.5.7.5.3.3 Varios estudios experimentales han citado aumentos de temperatura en la detección tan bajos como 1°C a 3°C (1.8°F a 5.4°F). Cabe destacar que Geiman descubrió que, para los incendios con llama, el 80% de los detectores por ionización examinados mediante pruebas de detección de humo a gran escala hicieron sonar sus alarmas a aumentos medidos de temperatura inferiores o iguales a 3°C (5.4°F).

A.5.8 Métodos para calcular la respuesta del detector de humo

A.5.8.1 Generalidades

Existen diversos métodos para calcular la respuesta del detector de humo. Aún se necesitan llevar a cabo investigaciones en esta área a fin de reflejar la producción de humo, transporte al detector, respuesta del detector y mediciones de desempeño del detector de humo. Los diseñadores deberían estar al tanto de las ventajas y desventajas, al igual que de las limitaciones de estos métodos, y deberían llevar a cabo análisis de sensibilidad y deberían utilizar múltiples métodos donde sea aplicable.

A.5.8.1.1 Método 1 - Densidad óptica versus temperatura

A.5.8.1.2 Se intenta determinar si un sistema existente de detección de incendio puede detectar un incendio en parte de un depósito utilizado para almacenar armarios en el tiempo suficiente para evitar la ignición radiante de los armarios adyacentes. El área analizada cuenta con un cielorraso plano y de grandes dimensiones, que asciende a 5 m. (16.5 pies) de altura. La temperatura ambiente dentro del compartimiento es de 20°C (68°F). El compartimiento no posee una instalación de rociadores. Los armarios están contruidos principalmente con aglomerado. Existen detectores de humo por ionización con un espaciamiento de 6.1 m. (20 pies) desde el centro. El objetivo de diseño es mantener el índice máximo de liberación de calor (QDO) por debajo de 2 MW (1897 Btu/s) para poder asegurar que no se inicie la ignición radiante de los armarios ubicados en el pasillo adyacente. Se cuenta con una brigada de control de incendio en el lugar que puede responder y comenzar la descarga de agua dentro de los 90 segundos de recibida la alarma. Puede considerarse que no habrá otras demoras entre el momento en que el detector alcanza su umbral de operación y la notificación al cuerpo de bomberos. Dada esta información, ¿deberá ser suficiente el sistema actual?.

A.5.8.1.3 Se utilizan los siguientes supuestos para este ejemplo:

$$\alpha = 0.047 \text{ kw /s}^2 (0.044 \text{ Btu /seg}^3) \quad (\text{A.32})$$

$$RTI = 25 \text{ m}^{1/2} \text{ s}^{1/2} (45 \text{ pies s}^{1/2})$$

Incremento de temperatura para respuesta = 14 °C (25 °F)

A.5.8.1.3.1 Ver tabla A.10 para el incremento de temperatura para la respuesta de un detector de humo por ionización en un incendio con madera.

A.5.8.1.4 Mediante una ecuación cuadrática, el tiempo de respuesta del objetivo de diseño se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{DO} = \alpha t_{DO}^2 \quad (\text{A.33a})$$

$$200 \text{ kw} = 0.047 \text{ kw/s}^2 (t_{DO}^2)$$

$$t_{DO} = 210 \text{ s}$$

0

$$1897 \text{ Btu /s} = 0.044 \text{ Btu/s}^2 (t_{DO}^2) \quad (\text{A.33b})$$

$$t_{DO} = 210 \text{ s}$$

A.5.8.1.5 Luego, se deberá restar el tiempo que le lleva responder al cuerpo de bomberos para determinar en qué momento después de la ignición debe realizarse la detección. Cabe destacar que se ha agregado un factor de seguridad de 30 segundos al tiempo de respuesta de la brigada de incendio.

$$t_{CR} = 210 \text{ s} - 120 \text{ s} = 90 \text{ s} \quad (\text{A.34})$$

A.5.8.1.6 Luego, deberá calcularse el índice crítico de liberación de calor en el que deberá suceder la detección:

$$Q_{CR} = \alpha t_{CR}^2 \quad (\text{A.35a})$$

$$Q_{CR} = 0.047 \frac{\text{kw}}{\text{s}^2} (90 \text{ s})^2 = 380 \text{ kw} \quad (\text{A.35b})$$

0

$$Q_{CR} = 0.044 \frac{\text{Btu}}{\text{s}^2} (90 \text{ s})^2 = 360 \text{ Btu/s} \quad (\text{A.35c})$$

A.5.8.1.7 Utilizando los números de la hoja de trabajo para el diseño y análisis de la detección de incendios a los 90 segundos de comenzado el incendio, cuando el índice de liberación de calor es de 380 kW (360 Btu/s), el incremento en temperatura del detector es de aproximadamente 17°C (30.6°F). Por lo tanto, esta puede ser una aproximación razonable para demostrar que el detector va a responder.

A.5.8.2 Método 2: Densidad óptica de masa

A.5.8.2.1 La información concerniente a las características del humo para combustibles determinados puede utilizarse como otro método de evaluación de la respuesta de los detectores.

A.5.8.2.2 Incluirémos el siguiente ejemplo:

El objetivo de diseño establecido para este lugar específico es detectar en menos de 2 minutos el humo proveniente del incendio de un almohadón de poliuretano de 454 g (1.0 lb) ubicado sobre una silla. La silla se encuentra en una habitación de 40 m² (431 pies²). El cielorraso tiene una altura de 3 m (10 pies). Se ha determinado que el almohadón posee un índice de incendio estable de 50 g/min (0.09 lb/min). Deberá establecerse si se alcanzará el objetivo.

A.5.8.2.3 La pérdida total de masa del almohadón debido a la combustión durante 2 minutos es de 100 g (0.22 lb). Por lo tanto, la densidad óptica dentro de la habitación producida por el almohadón puede calcularse a partir de la siguiente ecuación.

$$D = \frac{D_m M}{V_c} \quad (A.36)$$

dónde:

D_m = densidad óptica de masa (m²/g).

M = masa (g).

V_c = volumen de la habitación.

$$D = [(0.22 \text{ m}^2/\text{g}) (100 \text{ g})] / (40 \text{ m}^2) (3 \text{ m}) = 0.183 \text{ m}^{-1}.$$

o

D_m = densidad óptica de masa (pies²/lb).

M = masa (lb).

V_c = volumen de la habitación.

$$D = [(1075 \text{ pies}^2/\text{lb}) (0.22 \text{ lb})] / (431 \text{ pies}^2) (9.8 \text{ pies}) = 0.056 \text{ pies}^{-1}$$

B.4.8.2.4 Si se supone que el detector responde a una densidad óptica de 0.15 m⁻¹ (0.046 pies⁻¹), la densidad óptica máxima de humo negro permitida en una prueba de sensibilidad de la edición anterior de la ANSI/UL 268, se puede suponer que el detector responderá dentro de los 2 minutos.

B.4.8.2.5 Cabe destacar que este método presenta un enfoque muy simplificado, y que deberían llevarse a cabo una serie de supuestos, como que el humo se restringe a la habitación, se encuentra bien mezclado, puede alcanzar el cielorraso e ingresar al detector.

B.4.8.2.6 El cálculo anterior supone que el humo está distribuido uniformemente a lo largo de todo el volumen del compartimiento. Esto sucede muy pocas veces, pero establece un límite muy conservador. A los efectos del diseño, se podría modelar la capa de humo como un volumen cilíndrico centrado cerca de la columna del incendio y con una profundidad equivalente al espesor del chorro de gases o a algún múltiplo de este. Ver figura A.12.

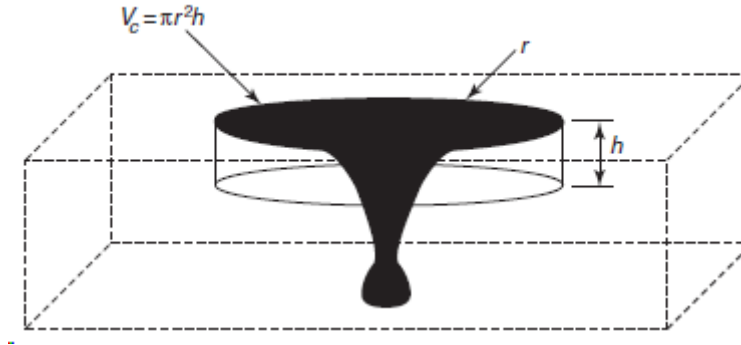


Figura A.12 — El volumen del cilindro puede utilizarse ahora en la ecuación

$$D = \frac{D_m M}{V_c} \quad (A.37a)$$

se utiliza con el reemplazo de

$$V = \pi r^2 h \quad (A.37b)$$

A.5.8.2.6.1 Para obtener el radio máximo desde la línea central de la columna del incendio en el que se espera una respuesta del detector, el criterio nominal de densidad óptica 0.14 m^{-1} se reemplaza en la relación y se obtiene una relación explícita para r .

$$r = \frac{D_m M}{0.14 \pi h}^{1/2} \quad (A.37c)$$

A.5.8.2.6.2 Cabe destacar que los resultados de este cálculo dependen en gran medida del espesor supuesto de la capa, h . Por esta razón, el diseñador deberá documentar cuidadosamente el valor utilizado para el espesor del chorro de gases. Este método no supone ninguna velocidad máxima a través del detector, y tampoco brinda ningún retraso debido al ingreso de humo. Finalmente, supone una concentración de humo uniforme a través del volumen de la solución. Si no se utilizan de manera prudente los valores seleccionados para el espesor del chorro de gases y si se usa esta relación fuera de las limitaciones impuestas por los supuestos, pueden llevar a diseños inválidos.

A.5.8.2.7 El método de densidad óptica de masa también permite que el diseñador analice los sistemas existentes. Cuando aceptamos el supuesto de que los detectores de humo listados por UL responderán a una densidad óptica de 0.14 m^{-1} , entonces podemos escribir la siguiente relación:

$$D_A = 0.14 = \frac{D_m M}{V_c} \quad (A.38a)$$

y, por lo tanto

$$M = D_A \pi r^2 / D_m \quad (A.38b)$$

para un volumen de solución cilíndrico.

A.5.8.2.7.1 Ya que $H(t) = M \Delta H_c$ y $H(t) = (\alpha t^3)/3$, podemos expresar la relación

$$M = \frac{(\alpha t^3)}{3\Delta H_c} \quad (\text{A.38c})$$

A.5.8.2.7.2 Si hacemos un reemplazo, obtendremos la relación

$$\frac{(\alpha t^3)}{3\Delta H_c} = \frac{D_A \pi r^2 h}{D_m} \quad (\text{A.38d})$$

A.5.8.2.7.3 Esta relación se reorganiza para ser explícita en t,

$$t = \left(\frac{3D_A \pi r^2 h \Delta H_c}{\alpha D_m} \right)^{1/3} \quad (\text{A.38e})$$

A.5.8.2.7.4 Este cálculo de tiempo debe corregirse por el tiempo de retardo producido por la resistencia al ingreso de humo del detector. En la actualidad, este retraso de tiempo, que es una función del diseño del detector y de la velocidad del chorro de gases, no se encuentra cuantificado en el proceso de listado. Por consiguiente, el diseñador deberá hacer un cálculo del retraso debido al ingreso de humo, t_e . De ese modo, el cálculo de tiempo de respuesta se convierte en:

$$t = \left(\frac{3D_A \pi r^2 h \Delta H_c}{\alpha D_m} \right)^{1/3} + t_e \quad (\text{A.38f})$$

A.5.8.2.7.5 Esta relación predice el tiempo en el que la densidad óptica de masa alcanza el umbral de alarma del detector en el volumen de solución derivado del espaciamiento del detector y de un supuesto espesor de chorro de gases. Una vez más, los resultados de este cálculo dependen en gran medida del espesor supuesto de la capa del chorro de alta presión. Sin embargo, una vez que se conoce el tiempo (t), si el incendio puede caracterizarse como t-cuadrado, el tamaño del incendio puede calcularse a través de la relación.

$$Q = \alpha t^2 \quad (\text{A.38g})$$

A.5.8.2.7.6 Por consiguiente, el reemplazo de esta relación por la anterior arroja la relación analítica final para el índice de liberación de calor en el momento de la alarma, Q_a .

$$Q_a = \alpha \left[\left(\frac{3D_A \pi r^2 h \Delta H_c}{\alpha D_m} \right)^{1/3} + t_e \right]^2 \quad (\text{A.38h})$$

A.5.8.2.7.8 Esta relación brinda un cálculo de respuesta del detector sujeta a los supuestos y valores seleccionados o a los parámetros relevantes. El cálculo no puede ser mejor que la información utilizada para generarlo.

A.5.8.3 Método de velocidad crítica

B.4.8.3.1 Las investigaciones demuestran que se necesita una velocidad crítica mínima para que el humo pueda ingresar a la cámara sensora del detector de humo. (Ver A.5.7.3.) Este método presupone que, si se ha alcanzado la velocidad crítica, entonces existe una concentración suficiente de humo en el flujo de gas del chorro de gases para producir una señal de alarma. Las correlaciones de velocidad del chorro de gases existen para incendios regulares, y no para incendios t-cuadrados. Sin embargo, un incendio t cuadrado puede modelarse como una sucesión de incendios regulares para incendios con

índice de crecimiento lento y medio. En las pruebas de UL de la caja de humo, la velocidad mínima de flujo en el detector es de 0.152 m/s (30 pies/ minuto). La correlación

$$\frac{0.195(Q^{1/3}H^{1/2})}{r^{5/6}} \quad \text{para } r \geq 0.15 \quad (\text{A.39a})$$

es utilizada. U_r deberá igualar 0.152 m/s. Con este reemplazo la relación se transforma en:

$$r \leq (1.28Q^{1/3}H^{1/2})^{6/5} \quad (\text{A.39b})$$

A.5.8.3.2 Esta relación se resuelve para obtener la distancia máxima entre la línea central de la columna de humo del incendio y el detector en el que se espera obtener la velocidad crítica de chorro de alta presión para el índice de liberación de calor por convección y la altura del cielorraso.

A.5.9 Detección de humo de haz proyectado

A.5.9.1 La detección de humo de haz proyectado se utiliza por lo general en lugares abiertos de gran amplitud con cielorrasos altos donde el uso de detectores de tipo puntual es poco práctico debido a problemas de estratificación de humo. En estos espacios, existe una base cuestionable para el uso de espaciamientos ya establecidos en el apartado 4.7. Sin embargo, los haces pueden instalarse de manera tal que, independientemente del origen del incendio, la columna de humo debe ser interceptada por al menos un haz. A fin de emplear esta estrategia, la divergencia de la columna de humo se calcula en función a la altitud a la cual se instalan los detectores de haz proyectado. La región de la temperatura relativamente uniforme y la densidad de humo en una columna de humo que flota diverge en un ángulo de aproximadamente 22 grados, tal como lo demuestra la figura A.13.

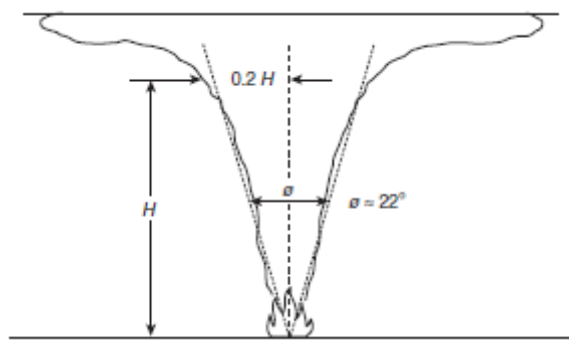


Figura A.13 — Divergencia de la columna de humo de un incendio no limitado

A.5.9.1.1 Otro método implica la evaluación de la obstrucción de humo a través de la columna de humo para determinar la reducción de la luz desde el receptor hasta el transmisor del detector de humo tipo haz proyectado para determinar si el detector puede responder.

A.5.10 Efectos de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC)

A.5.10.1 El requisito de abordar los efectos de los sistemas HVAC en el desempeño de los detectores de humo fue históricamente reducido a una "regla de 0.14 m (3 pies)". Sin embargo, las investigaciones llevadas a cabo con el patrocinio de la Fundación de Investigación en Protección contra Incendios mostraban que una regla tan simple no era adecuada en muchos de los casos.

A.5.10.1.1 Teóricamente, el efecto de los flujos HVAC en el desempeño de los detectores de humo puede implementarse mediante el cálculo de la velocidad de flujo y la concentración de humo en el detector como una función de crecimiento del fuego y de los parámetros operativos HVAC. Con cielorrasos complejos, generalmente requieren el uso de modelos de la dinámica de fluidos computacional de ejecución en computadoras. Uno de dichos modelos es FDS, desarrollado y respaldado por el NIST National Institute for Standards and Technology (Instituto Nacional de Normas y Tecnología).

A.5.10.1.2 Sin embargo, para cielorrasos simples, planos, a las alturas que habitualmente se encuentran en las construcciones convencionales, los efectos del sistema HVAC pueden estimarse mediante la aplicación de un cálculo simplificado derivado de correlaciones reconocidas para identificar dónde hay un probable inconveniente. Estos simples cálculos no sustituyen un escenario modelado completo, aunque tienen la ventaja de ser fácilmente ejecutados en un marco de tiempo breve.

A.5.10.1.3 Las rejillas de suministro y retorno de los sistemas HVAC montadas en cielorrasos se diseñan para producir patrones de flujo de aire específicos. La forma exacta de los perfiles de velocidad y volumen de flujo se determina según el diseño físico de la rejilla. Una rejilla comercialmente disponible podría mostrar un perfil de flujo como el que se ilustra en la figura A.14.

A.5.10.1.4 En esta sección se consideran dos casos. El primero es cuando un suministro del sistema HVAC actúa sobre un flujo de humo que se extiende hasta el cielorraso. El segundo es cuando un retorno del sistema HVAC actúa sobre un flujo de humo que se extiende hasta el cielorraso. Cada uno de los casos se considera en su condición de valor limitante para hacer un estimado del peor caso de la velocidad resultante en el detector.

A.5.10.1.5 En el primer caso, el flujo de aire proveniente del suministro del cielorraso puede desviar, impedir y diluir el flujo de humo que se extiende hasta el cielorraso, lo que retarda la respuesta del detector. Este efecto puede estimarse mediante el uso de un análisis de vectores unidimensionales de la velocidad generada por el sistema HVAC versus aquél generado por el incendio. El perfil de velocidad generado por la rejilla de suministro del HVAC es determinado por el diseño de la rejilla y el volumen de flujo que se le ha suministrado. La velocidad en el detector, generada por el incendio, es un elemento artificial del flujo de humo que se extiende hasta el cielorraso. La suma de estas dos velocidades versus la velocidad mínima para la respuesta puede usarse para determinar si la velocidad del flujo de humo que se extiende al cielorraso es suficiente para que el detector inicie una alarma.

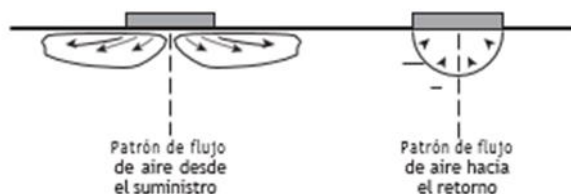


Figura A.14 — Patrones de flujo HVAC típicos en ocupaciones mercantiles y de negocios

A.5.10.1.6 En el segundo caso, el retorno HVAC toma el aire desde las elevaciones más bajas del compartimiento, diluye la densidad del humo en el flujo que se extiende hasta el cielorraso, en las proximidades del retorno HVAC. Este caso es mucho más complejo para evaluar, ya que implica llevar a cabo un análisis del volumen de flujo para determinar cuándo el flujo hacia los retornos HVAC montados en el cielorraso distorsionará el perfil de concentración del flujo de humo que alcanza el cielorraso hasta un punto que afecte de manera adversa la respuesta del detector. Lamentablemente, los listados de los

detectores de humo no incluyen un valor mensurable explícito de la sensibilidad del detector en términos que puedan relacionarse con el incendio de diseño.

A.5.10.2 Efectos de las rejillas de suministro de sistemas HVAC de cielorrasos. Este método aplica el hallazgo que sostiene que hay una velocidad crítica mínima, necesaria para una respuesta confiable de un detector de humo. El uso de la velocidad de flujo de 0.15 m/s (30 pies/min) en las prueba de sensibilidad de detectores de humo descrita en UL 268 y 217 para detectores de humo de tipo puntual ha llevado a la evolución de los detectores de humo de tipo puntual que se ven optimizados por dicha velocidad de flujo. En las investigaciones de listado, se ha aprendido que cuando la velocidad del flujo de humo que alcanza el cielorraso es menor que la velocidad nominal de los detectores de humo de tipo puntual, listados, comercialmente disponibles de 0.15 m/s (30 pies/min), su desempeño comienza a verse afectado. (Ver A.5.7.3.).

A.5.10.2.1 Para la predicción de la respuesta de los detectores de humo de tipo puntual, asumimos que la velocidad del flujo de humo que llega hasta el cielorraso en el detector deberá exceder esta velocidad crítica, de 0.15 m/s (30 pies/min), en el detector. El flujo desde una rejilla de suministro del sistema HVAC también genera una velocidad de flujo. Cuando se produce un incendio en una sala equipada con un suministro del sistema HVAC montado en el cielorraso, la velocidad en el detector es la suma vectorial de la velocidad debida al suministro del sistema HVAC y al flujo de humo del incendio que alcanza el cielorraso.

A.5.10.2.2 Para estimar la velocidad de flujo resultante en un detector de humo, la velocidad de flujo desde el suministro del cielorraso se determina como una función del diseño de la rejilla, el volumen de flujo y la distancia desde la rejilla de suministro. La velocidad generada por el flujo de humo que alcanza el cielorraso se calcula como una función de la distancia desde el penacho de fuego. La condición límite del peor caso tiene lugar cuando la ubicación del detector está donde el flujo de humo que alcanza el cielorraso es directamente opuesto, en dirección hacia el flujo desde la rejilla de suministro del sistema HVAC. Consecuentemente, se presume que el flujo de humo que alcanza el cielorraso fluye en la dirección opuesta del flujo, desde la rejilla del cielorraso.

A.5.10.2.3 El flujo de aire que ingresa en un compartimiento a través del sistema HVAC puede estimarse mediante el volumen de flujo y un factor de flujo que está relacionado con las características del flujo de la rejilla de suministro. Ver figura A.14 (a), en la que se ilustra un ejemplo de dichas características.

A.5.10.2.4 El fabricante de la rejilla de suministro del cielorraso entrega un diagrama de velocidad que muestra la velocidad de flujo como una función del volumen de flujo para cada rejilla que elabora. En los Estados Unidos, estos diagramas generalmente usan unidades convencionales de pies por minuto (PPM) y pies cúbicos por minuto (PCM). Dado que las correlaciones de la ingeniería de la protección contra incendios generalmente se expresan en unidades métricas, es necesario convertir el volumen de flujo y la velocidad de flujo del sistema HVAC en unidades métricas. Al reemplazar PCM por el volumen de flujo por tiempo unitario, esta relación se transforma en:

$$v_r = \frac{k(V)}{d^2} m/s \quad (A.40a)$$

dónde:

v_r = la velocidad debida a la rejilla.

A.5.10.2.5 La velocidad del flujo de humo que llega hasta el cielorraso puede ser modelada con la relación para la velocidad crítica desarrollada por Alpert.

$$V_d = 0.195(Q_c^{1/3} H^{1/2}) r^{5/6} \text{ m/s} \quad (\text{A.40b})$$

A.5.10.2.6 El flujo en el detector es la suma de la velocidad del flujo del humo que alcanza el cielorraso y de la rejilla de suministro del cielorraso. Dado que el escenario del caso más desfavorable es aquel en el que el incendio se ubica de manera que el flujo del humo que alcanza el cielorraso está directamente opuesto al flujo proveniente de la rejilla de suministro del sistema HVAC, este escenario forma la base para el análisis, como se muestra en la Figura A.40(b).

A.5.10.2.7 La velocidad del flujo de humo que alcanza el cielorraso deriva de las correlaciones de Alpert.

$$v_d = V_d = 0.195(Q_c^{1/3} H^{1/2}) r^{5/6} \quad (\text{A.40c})$$

donde:

v_d = velocidad del flujo de humo que alcanza el cielorraso en el detector

Q_c = liberación de calor por convección, $0.65 Q$

H = altura del cielorraso

r = radio, distancia entre la línea central del penacho de fuego y el detector

- Todos en unidades métricas.

A.5.10.2.8 En el caso de flujos opuestos, la velocidad resultante en el detector es la velocidad del flujo de humo que alcanza el cielorraso menos la velocidad debida al flujo del suministro del sistema HVAC. La relación se transforma en:

$$V_d = 0.95 \left(Q_c^{1/3} H^{1/2} \right) / r^{5/6} - k(V)/d^2 \quad (\text{A.40d})$$

A.5.10.2.9 Puede esperarse que la respuesta del detector de humo coincida con su listado cuando el valor de v_d es mayor o igual a 0.15 m/s. Así la relación se transforma en:

$$0.15 \frac{\text{m}}{\text{s}} \leq 0.195(Q^{1/3} H^{1/2}) / r^{5/6} - k(CFM)/d^2 \quad (\text{A.40e})$$

A.5.10.2.10 Si el lado derecho de la ecuación A.40e excede al izquierdo, el flujo de aire proveniente de la rejilla del sistema HVAC no debería ser suficiente para reducir el flujo de humo que alcanza el cielorraso desde el penacho de fuego hasta el punto en que no se esperaría una respuesta de un detector de humo. Por otro lado, si la velocidad resultante calculada es menor que el umbral de 0.15 m/s, deberían hacerse ajustes en el diseño para que el detector de humo sea colocado donde la velocidad del flujo de humo que alcanza el cielorraso sea suficiente para predecir la respuesta de la alarma.

A.5.10.3 Efectos de los retornos del sistema HVAC. Cuando los detectores están en estrecha proximidad con las rejillas de retorno del sistema HVAC montadas en el cielorraso, el flujo de aire ascendente hacia la rejilla de retorno suele diluirse y enfriar el flujo de humo que alcanza el cielorraso.

Esto suele demorar la respuesta de los detectores. Lamentablemente, la geometría es más compleja en este caso. El flujo de humo que alcanza el cielorraso se mueve horizontalmente por el cielorraso mientras que el flujo hacia la rejilla de retorno montada en el cielorraso se mueve esencialmente en forma vertical.

A.5.10.3.1 La mayoría de las rejillas de retorno del cielorraso generalmente muestran un perfil de velocidad de flujo que es de un formato aproximadamente hemisférico, centrado en la línea central del conducto. La figura A 15 ilustra este perfil de velocidad de flujo.

A.5.10.3.2 A medida que aumenta la distancia radial desde el retorno del sistema HVAC, la velocidad disminuye con bastante rapidez, proporcional a 4π veces la raíz cuadrada del aumento de la distancia. Las contribuciones de velocidad relativa pueden nuevamente usarse para el cálculo del efecto relativo, pero en este caso no se dispone de un parámetro de sensibilidad explícito que se relaciona con el incendio de diseño. El porcentaje de oscurecimiento por pie no puede aplicarse de manera confiable.

NOTA El término "partes" se refiere a masa, por lo que un valor de 1 ppm equivale a 1.2 mg/m^3 de sustancia, teniendo en cuenta la densidad del aire.

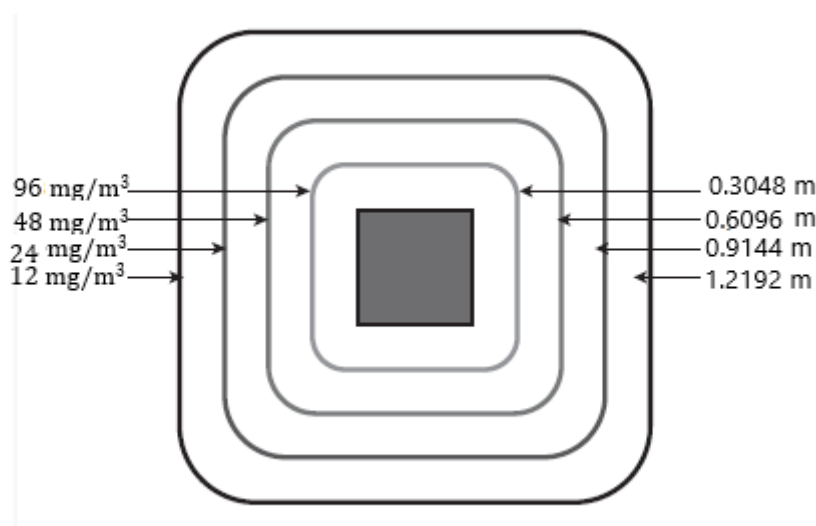


Figura A.15(a) — Diagrama HVAC típico de velocidad versus volumen de flujo, que podrían usarse para describir la operación de la rejilla de suministro

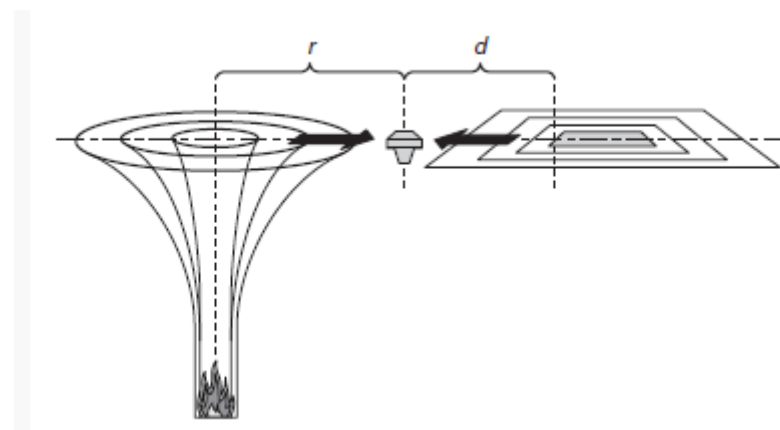


Figura A.15(b) — Flujo de humo que alcanza el cielorraso en oposición al flujo del sistema HVAC

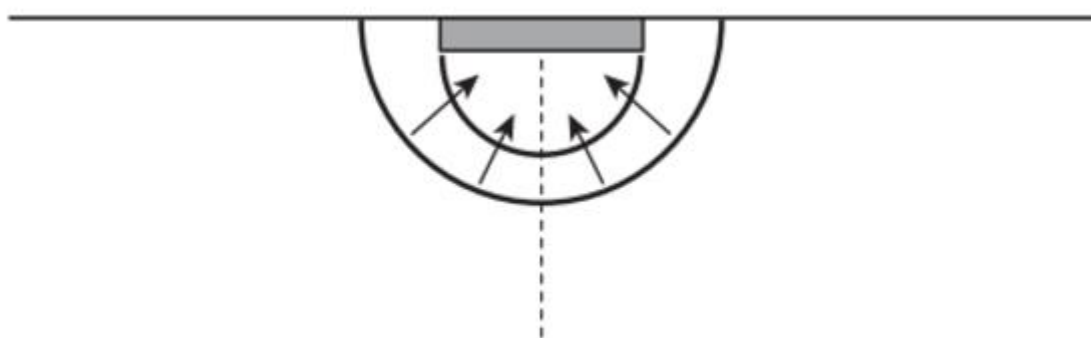


Figura A.16 — Perfil de velocidad de la rejilla de retorno montada en el cielorraso

A.5.10.3.4 Sin embargo, el escenario del peor caso, de valor limitante es aquel en el que la velocidad ascendente se modela como si fluyera directamente opuesta a aquella del flujo de humo que alcanza el cielorraso. Esto se reduce al mismo análisis que el del suministro del cielorraso.

A.5.10.3.5 Estos cálculos NO reemplazan la modelización de la dinámica de fluidos computacional (CFD, por sus siglas en ingles). Se limitan solamente a cielorrasos a nivel de la altura que normalmente se encuentra en construcciones comerciales. En ese contexto limitado pueden aplicarse para predecir el desempeño del detector de humo.

A.6 Detección de energía radiante

A.6.1 Generalidades

A.6.1.1 Radiación electromagnética

A.6.1.1.1 La radiación electromagnética se emite a través de un rango amplio del espectro durante el proceso de combustión. La porción del espectro en la que funcionan los detectores con sensor de energía radiante ha sido dividida en tres bandas: ultravioleta (UV), visible o infrarroja (IR). Estas longitudes de onda se definen con los siguientes rangos:

(1) Ultravioleta 0.1 – 0.35 micrones.

(2) Visible 0.35–0.75 micrones.

(3) Infrarroja 0.75–220 micrones.

A.6.1.2 Longitud de onda

A.6.1.1.2 Estos rangos de longitud de onda corresponden a la interacción mecánica cuántica entre materia y energía. Las interacciones fotónicas con la materia pueden caracterizarse por longitudes de onda, como puede verse en la tabla A.11.

A.6.1.3 Transferencia de fotones

Cuando una molécula de combustible se oxida durante el proceso de combustión, la molécula intermedia de la combustión debe perder energía para transformarse en una especie molecular estable. Esta energía es emitida como un fotón con una única longitud de onda determinada por la ecuación A.41:

$$e = \frac{hc}{\lambda} \quad (\text{A.41})$$

donde:

e = energía (joules)

h = constante de Planck (6.63E-23 joule-s)

c = velocidad de la luz (m/s)

λ = longitud de onda (micrones)

[1.0 joule = 5.0345E+18(λ), donde λ se mide en micrones].

A.6.1.4 Tipo de detector

A.6.1.4.1 La elección del tipo de detector con sensores de energía radiante que se utilizara se ve determinada por el tipo de emisiones que se esperan del radiador del incendio.

A.6.1.4.2 Los combustibles que producen una llama, una corriente de gases combustibles o inflamables que forman parte de la reacción con un oxidante gaseoso, irradian emisiones cuánticas. Estos combustibles incluyen gases y líquidos inflamables, líquidos combustibles y sólidos que se queman con una llama.

Tabla A.11 — Rangos de longitud de Onda

Longitud de Onda	Interacción fotónica
$\lambda < 50$ micrones	Translaciones moleculares brutas
$50 \text{ mm} < \lambda < 1.0 \text{ mm}$	Vibraciones y rotaciones moleculares
$1.0 \text{ mm} < \lambda < 0.05 \text{ mm}$	Vibraciones de enlace de electrones de valencia
$0.3 \text{ mm} < \lambda < 0.05 \text{ mm}$	Remoción y recombinaciones de electrones

A.6.1.4.3 Los combustibles que se oxidan en la fase sólida o los radiadores que realizan una emisión debido a su temperatura interna (chispas y brasas) irradian emisiones Planckianas. Dentro de estos combustibles se encuentran los carbonosos, tales como el carbón, el carbón vegetal, la madera y las fibras celulósicas que se queman sin una llama estable, como así también los metales que se han calentado debido a impactos mecánicos o fricción.

A.6.1.4.4 Casi todos los tipos de combustión producen emisiones planckianas, que son el resultado de la energía térmica de la masa de combustible. Por lo tanto, los detectores de chispas/brasas diseñados para detectar estas emisiones no son específicos para un combustible en especial. Los detectores de llama detectan emisiones cuánticas que son el resultado de cambios en la estructura molecular y en el estado de energía durante la fase gaseosa. Estas emisiones se encuentran asociadas únicamente con estructuras moleculares particulares. Esto puede generar un detector de llama con mucha especificidad en cuanto al combustible.

A.6.1.5 Efectos del ambiente

La elección de un detector con sensor de energía radiante también se ve limitada por el efecto de las condiciones ambientales. El diseño debe tener en cuenta la absorción de energía radiante de la atmósfera, la presencia de fuentes de radiación no relacionadas con un incendio que podrían provocar falsas alarmas, la energía electromagnética de las chispas, brasas o incendios a detectar, la distancia desde la fuente del incendio hasta el sensor y las características del sensor.

A.6.1.5.1 Radiadores ambientales sin fuego

La mayoría de los ambientes contienen radiadores sin fuego que pueden emitir en longitudes de onda, utilizados por detectores con sensor de energía radiante para la detección de incendios. El diseñador debe realizar una evaluación minuciosa del ambiente para identificar radiadores que posean el potencial de producir una respuesta de alarma injustificada proveniente de los detectores con sensor de energía radiante. Ya que los detectores con sensores de energía radiante utilizan componentes electrónicos que pueden funcionar como antenas, la evaluación debería incluir bandas de radio, microondas y fuentes de infrarrojos, visibles y ultravioletas.

A.6.1.5.2 Absorción de radiación Ambiental

El medio a través del cual la energía radiante pasa desde la fuente del incendio hasta el detector posee un factor de transmisión finito. El factor de transmisión a menudo se ve cuantificado por su absorción recíproca. La absorción por parte de elementos atmosféricos varía según la longitud de onda. Las especies gaseosas absorben en la misma longitud de onda en las que emiten. Las especies particuladas pueden transmitir, reflejar o absorber emisiones radiantes, y la proporción absorbida se expresa como la recíproca de su emisividad, ϵ .

A.6.1.5.3 Contaminación de superficies ópticas

La energía radiante puede absorberse o reflejarse por materiales que contaminan las superficies ópticas de los detectores con sensores de energía radiante. El diseñador debería evaluar el potencial de una contaminación de superficie e implementar disposiciones para mantener limpias dichas superficies. Se deben extremar los recaudos cuando se considere el reemplazo de ventanas. El vidrio común, el acrílico y otros materiales vidriados son opacos en las longitudes de onda utilizadas por la mayoría de los detectores de llama y algunos de los detectores de chispas/brasas. Colocar una ventana entre el detector y un área de peligro que no ha sido listada por ningún laboratorio de pruebas nacionalmente reconocido

(NRTL, sus iniciales en inglés) para utilizar con el detector en cuestión representa una violación del listado del mismo e impedirá que el sistema pueda detectar un incendio en el área de peligro.

A.6.1.5.4 Factores de diseño

Los siguientes factores son importantes por diferentes razones. En primer término, un sensor de radiación es principalmente un dispositivo de línea de visión, y debe “ver” la fuente del incendio. Si existen otras fuentes de radiación en el área, o si las condiciones atmosféricas son tales que una gran parte de la radiación podría ser absorbida en la atmosfera, el tipo, la ubicación y el espaciamiento de los sensores podrían verse afectados. además, los sensores reaccionan frente a longitudes de onda específicas, y el combustible debe emitir radiación en el ancho de banda del sensor. Por ejemplo, un dispositivo de detección infrarrojo con un solo sensor sintonizado a 4.3 micrones (el pico de emisión de CO₂) no podría detectar un incendio de base no carbónica. además, el sensor Deberá poder responder con confiabilidad dentro del tiempo requerido, especialmente cuando se activa un sistema de supresión por explosión o un sistema similar de respuesta rápida para extinción o control.

A.6.1.6 Modelo de respuesta del detector

A.6.1.6.1 La respuesta de los detectores con sensores de energía radiante se modela con una relación modificada de cuadrado inverso, como puede verse en la ecuación A.42:

$$S = \frac{kPe^{-\zeta d}}{d^2} \quad (\text{A.42})$$

donde:

S = suficiente energía radiante que alcanza el detector (W o Btu/s) para producir una respuesta de alarma.

k = constante de proporcionalidad para el detector.

P = energía radiante emitida por el incendio (W o Btu/s).

ζ = coeficiente de extinción del aire en el detector que funciona con longitud de ondas.

d = distancia entre el incendio y el detector (m o pies)

A.6.1.6.2 La relación modela al incendio como un radiador de fuente de punto, de una producción de radiación uniforme por estereorradián, a una distancia (d) del detector Esta relación también modela el efecto de la absorción por parte del aire entre el incendio y el detector como una función de extinción uniforme. El diseñador debe verificar que estos supuestos son válidos para la aplicación en cuestión.

A.6.2 Diseño de sistemas de detección de llama

A.6.2.1 Sensibilidad del detector

A.6.2.1.1 La sensibilidad del detector de llama tradicionalmente se cuantifica como la distancia en la cual la unidad puede detectar un incendio de un tamaño determinado. El incendio utilizado más comúnmente por los NRTL en Norteamérica es de 0.9 m² (1.0 pies²), alimentado con gasolina normal sin plomo. Algunos detectores de objetivos especiales se evalúan mediante incendios de 150 mm (6 in.) de diámetro alimentados con isopropanol.

A.6.2.1.2 Este medio de determinación de sensibilidad no tiene en cuenta que las llamas pueden modelarse mejor como un radiador ópticamente denso en el que emisiones radiantes emanadas desde el lado más distante de la llama hacia el detector son reabsorbidas por la llama. Por consiguiente, la energía irradiada de una llama no es proporcional al área del incendio sino a la silueta de la llama, y, por lo tanto, a la altura y ancho del incendio.

A.6.2.1.3 Puesto que los detectores de llama detectan las emisiones radiantes producidas durante la formación de intermedios y productos de la llama, la intensidad de radiación producida por la llama en una longitud de onda determinada es proporcional a la concentración relativa del intermedio o producto específico de la llama y esa porción del índice total de liberación de calor del incendio generado por la formación de tales intermedios o productos específicos. Esto quiere decir que la respuesta de un detector puede variar ampliamente mientras se utilicen diferentes combustibles para producir un incendio del área de superficie y ancho mismo de la llama.

A.6.2.1.4 Un gran número de detectores de llama se diseñan para detectar productos como agua (2.5 micrones) y CO₂ (4.35 micrones). Estos detectores no pueden utilizarse en incendios que no generan estos productos como resultado del proceso de combustión.

A.6.2.1.5 Un gran número de detectores de llama utilizan la varianza de tiempo de las emisiones radiantes de una llama para distinguir entre radiadores sin incendio y una llama. Cuando existe un peligro de deflagración, el diseñador deberá establecer el periodo de tiempo de muestra para tales detectores de llama y como funcionarán en caso de una deflagración de vapor o gases de combustible.

A.6.2.2 Incendio de diseño

A.6.2.2.1 Utilizando el proceso analizado en el apartado A.3, determinar el tamaño de incendio (kW o Btu/s) en el que se debe alcanzar la detección.

A.6.2.2.2 Calcular el área de superficie que se espera que ocupe el incendio de diseño a partir de las correlaciones de la tabla A.4(a) u otras fuentes. Utilice la correlación de altura de la llama para determinar la altura de la columna de la llama:

$$h_f = 0.182(kQ)^{2/5} \text{ (para unidades SI)} \quad (\text{A.43a})$$

$$h_f = 0.584(kQ)^{2/5} \text{ (para unidades pulgada – libra)} \quad (\text{A.43b})$$

donde:

h_f = altura de la llama (m o pies)

Q = índice de liberación de calor (kW o Btu/s)

k = factor del efecto pared

- Donde no haya paredes cercanas, deberá utilizarse $k = 1$.
- Cuando el paquete de combustible se encuentre cerca de una pared, deberá utilizarse $k = 2$.
- Cuando el paquete de combustible se encuentre en un rincón, Deberá utilizarse $k = 4$.

A.6.2.2.2.1 Determinar el ancho mínimo anticipado del área de la llama (w_f). Cuando líquidos inflamables o combustibles son el paquete de combustible y no se encuentran limitados, se debe modelar

el combustible como un charco circular. Para calcular al área de radiación (A_r), debe utilizarse la ecuación A.43c:

$$A_r = \frac{1}{2h_f w_f} \quad (A.43c)$$

donde:

A_r = área de radiación (m² o pies²)

h_f = altura de la llama (m o pies)

w_f = ancho de la llama (m o pies)

A.6.2.2.2 La producción de energía radiante del incendio hacia el detector puede aproximarse como proporcional al área de radiación (A_r) de la llama.

$$P = cA_r \quad (A.44)$$

donde:

A_r = área de radiación (m² o pies²)

c = constante de proporcionalidad de potencia por unidad de área.

P = energía irradiada (W o Btu/s)

A.6.2.3 Cálculo de la sensibilidad del detector

Utilizando las ecuaciones A.43a o A.43b, calcular al área de radiación del incendio de prueba provocado por NRTL en el proceso de listado (A_t). La producción de energía radiante del incendio de prueba dirigida hacia el detector del proceso de listado es proporcional al área de radiación (A_t) de la llama de la prueba de listado.

A.6.2.4 Cálculo de la respuesta del detector hacia el incendio de diseño

A.6.2.4.1 Puesto que la sensibilidad de un detector de llama se encuentra fija durante el proceso de fabricación, la siguiente es la relación que determina la suficiente energía radiante que llega al detector para poder producir una respuesta de alarma.

$$S = \frac{k c A_r e^{-\zeta d}}{d^2} \quad (A.45a)$$

donde:

S = energía radiante que alcanza el detector (W o Btu/s) suficiente para producir una respuesta de alarma.

k = constante de proporcionalidad para el detector.

A_t = área de radiación del incendio de prueba listado (m² o pies²)

ζ = coeficiente de extinción del aire en el detector que funciona con longitud de ondas.

d = distancia entre el incendio y el detector durante la prueba de incendio listado (m o pies)

c = la función de correlación de potencia emitida por unidad de área radiante de llama

A.6.2.4.2 Porque la sensibilidad del detector es constante a través del rango de ambientes para el que se encuentra listado.

$$S = \frac{kcA_r e^{-\zeta d'}}{d'^2} \quad (\text{A.45b})$$

donde:

S = suficiente energía radiante que alcanza el detector (W o Btu/s) para producir una respuesta de alarma.

k = constante de proporcionalidad para el detector.

c = la función de correlación de potencia emitida por unidad de área radiante de llama.

A_r = área de radiación del incendio de diseño (m² o pies²)

ζ = coeficiente de extinción del aire en el detector que funciona con longitud de ondas.

d' = distancia entre el incendio de diseño y el detector (m o pies)

A.6.2.4.3 Por lo tanto, se deberá utilizar la siguiente ecuación para determinar:

$$\frac{kcA_r e^{-\zeta d}}{d^2} = \frac{kcA_r e^{-\zeta d'}}{d'^2} \quad (\text{A.45c})$$

A.6.2.4.4 Para encontrar la solución de d' utilice la siguiente ecuación:

$$\left(\frac{d^2 A_r e^{-\zeta d}}{A_r e^{-\zeta d'}} \right)^{1/2} = d' \quad (\text{A.45d})$$

A.6.2.4.5 Esta relación se soluciona de manera iterativa para d' , la distancia en la que el detector puede detectar un incendio de diseño.

A.6.2.5 Corrección para el desplazamiento angular

A.6.2.5.1 La mayoría de los detectores de llama exhiben una Pérdida de sensibilidad a medida que el incendio se desplaza del eje óptico del detector. Esta corrección a la sensibilidad del detector puede verse como un figura en coordenadas polares en la figura A.17.

A.6.2.5.2 Cuando la corrección para el desplazamiento angular se expresa como una reducción de la distancia normalizada de detección, la corrección se realiza para la distancia de detección (d').

A.6.2.5.3 Cuando la corrección para el desplazamiento angular se expresa como una sensibilidad normalizada (incremento del tamaño del incendio), debe introducirse una corrección en A_r , antes de calcular la distancia de respuesta (d').

A.6.2.6 Correcciones para combustibles

A.6.2.6.1 La mayoría de los detectores de llama exhiben algún nivel de especificidad del combustible. Algunos fabricantes otorgan “factores de combustible” que relacionan el desempeño de la respuesta del detector ante el incendio de un combustible con el desempeño de la respuesta de un combustible de referencia. Otros fabricantes ofrecen criterios de desempeño para una lista de combustibles específicos. A menos que las instrucciones publicadas del fabricante, con la marca de listado, contengan instrucciones explícitas sobre la aplicación del detector en combustibles no utilizados en el proceso de listado, la unidad no puede considerarse listada para su uso en áreas de peligro que contengan combustibles diferentes a los utilizados en el proceso de listado.

A.6.2.6.2 Cuando la correlación del factor de combustible se expresa como una reducción de la distancia de detección, la corrección debería aplicarse después de que la distancia de detección haya sido calculada.

A.6.2.6.3 Cuando la corrección del factor de combustible se expresa como una función del tamaño de incendio normalizado, la corrección debe realizarse antes de calcular la distancia de detección.

A.6.2.7 Factores atmosféricos de extinción

A.6.2.7.1 Puesto que la atmosfera no es un transmisor perfecto a ninguna longitud de onda, todos los detectores de llama se ven afectados en algún grado por la absorción atmosférica. El efecto de la extinción atmosférica sobre el desempeño de los detectores de llama está determinado hasta cierto punto por las longitudes de onda utilizadas como sensores y la arquitectura electrónica del detector. Los valores del coeficiente de extinción atmosférico (z) deberán obtenerse a partir de las instrucciones publicadas del fabricante del detector.

A.6.2.7.2 El valor numérico de z puede determinarse de manera experimental para cualquier detector de llama. El detector deberá probarse con dos incendios de prueba de tamaños diferentes a fin de determinar la distancia a la cual cada uno de los incendios puede ser detectado por el detector en cuestión. Cuanto más grande sea la diferencia entre los tamaños de los incendios con llama, más precisa deberá ser la determinación de z . En teoría, un incendio de prueba sería aproximadamente 4 veces mayor al índice de liberación de calor (área de superficie) del otro. Por lo tanto, los datos son utilizados en la relación:

$$\zeta = \frac{\ln[(d_1^2 A_2)/(d_2^2 A_1)]}{d_2 - d_1} \quad (A.46)$$

donde:

“1” = subíndices que hacen referencia al primer incendio de prueba

“2” = subíndices que hacen referencia al segundo incendio de prueba

d = distancia máxima entre el detector de llama y el incendio a la cual el incendio es detectado

A = el área radiante del incendio de prueba tal como lo determina en el apartado A.6.2.2.2.

A.6.2.7.3 Esta relación le permite al diseñador determinar el valor de z para los detectores que ya están instalados o para aquellos que fueron evaluados para ser listados antes de la inclusión del requisito para la publicación de z que aparece en la ANSI/FM-3260.

A.6.3 Diseño de sistemas de detección de chispas/brasas

A.6.3.1 Incendio de diseño

A.6.3.1.1 Utilizando el proceso analizado en el apartado A.3, determinar el tamaño de incendio (kW o Btu/s) en el que deberá alcanzarse la detección.

A.6.3.1.2 La cuantificación del incendio generalmente se deriva de la suficiente inversión de energía por unidad de tiempo para poder propagar la combustión de los sólidos particulados del combustible dentro de la corriente del combustible. Puesto que la energía por unidad de tiempo es potencia, expresada en vatios, el criterio de tamaño de incendio generalmente se expresa en vatios o mili vatios.

A.6.3.1.3 Las emisiones radiantes, integradas en todas las longitudes de onda, provenientes de un radiador Planckiano no ideal se expresan con la siguiente forma de la ecuación Stefan-Boltzmann:

$$P = eAsT^4 \quad (A.47)$$

donde:

P = potencia irradiada (W o Btu/s)

e= emisividad, una propiedad del material expresada como una fracción entre 0 y 1.0.

Ar = área del radiador (m² o pies²)

s= constante de Stefan-Boltzmann 5.67E-8 W/m²K⁴

T = temperatura (K o R)

A.6.3.1.4 Esto modela la chispa o la brasa como un radiador de Fuente de punto

A.6.3.2 Medio ambiente del incendio

A menudo, los detectores de chispas/brasas se utilizan en conductos de sistemas transportadores neumáticos para monitorear sólidos particulados combustibles a medida que fluyen a través del detector. Este medio ambiente deposita grandes concentraciones de sólidos particulados combustibles entre el incendio y el detector. Se deberá calcular un valor de ζ para el medio monitoreado. El supuesto de que la absorción a niveles visibles es igual o más grande que la misma a longitudes de onda infrarrojas arroja diseños conservadores y se lo utiliza.

A.6.3.3 Cálculo de la respuesta del detector al incendio de diseño

A.6.3.3.1 Ya que la sensibilidad del detector de chispas/brasas se encuentra fija durante el proceso de fabricación,

$$S = \frac{kPe^{-\zeta d}}{d^2} \quad (A.48a)$$

donde:

S = suficiente energía radiante que alcanza el detector

(W o Btu/s) para producir una respuesta de alarma.

k = constante de proporcionalidad para el detector.

P = potencia radiante emitida por la chispa de prueba (W o Btu/s).

ζ = coeficiente de extinción del aire en el detector que funciona con longitud de ondas.

d = distancia entre el incendio y el detector durante la prueba de incendio listado (m^2 o $pies^2$)

Porque la sensibilidad del detector es constante a través del rango de ambientes para el que se encuentra listado

$$S = \frac{kP'e^{-\zeta d'}}{d'^2} \quad (A.48b)$$

donde:

S = suficiente potencia radiante que alcanza el detector (W o Btu/s) para producir una respuesta de alarma.

k = constante de proporcionalidad para el detector.

P' = potencia radiante emitida por el incendio de diseño (W o Btu/s).

z = coeficiente de extinción del aire en el detector que funciona con longitud de ondas.

d' = distancia entre el incendio de diseño y el detector (m^2 o $pies^2$) Por lo tanto, se debe utilizar la ecuación A.48c para encontrar la solución

$$\frac{kPe^{-\zeta d}}{d^2} = \frac{kP'e^{-\zeta d'}}{d'^2} \quad (A.48c)$$

Para resolver d' ,

$$d' = \left(\frac{d^2 P' e^{-\zeta d}}{P e^{-\zeta d}} \right)^{1/2} \quad (A.48d)$$

A.6.3.3.2 Esta relación se soluciona de manera iterativa para d' , la distancia en la que el detector puede detectar un incendio de diseño.

A.6.3.4 Corrección para el desplazamiento angular

A.6.3.4.1 La mayoría de los detectores de chispas/brasas exhiben una pérdida de sensibilidad a medida que el incendio se desplaza del eje óptico del detector. Esta corrección a la sensibilidad del detector puede verse como un figura en coordenadas polares en la figura A.17.

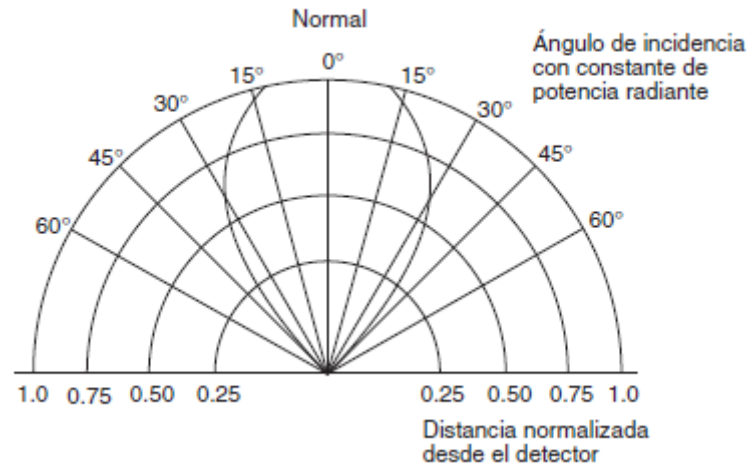


Figura A.16 — Sensibilidad normalizada vs. Desplazamiento regular

A.6.3.4.2 Cuando la corrección del desplazamiento angular se expresa como una reducción de la distancia normalizada de detección, la corrección se realiza para la distancia de detección (d').

A.6.3.4.3 Cuando la corrección del desplazamiento angular se expresa como una sensibilidad normalizada (incremento del tamaño del incendio), debe introducirse una corrección en P' , antes de calcular la distancia de respuesta (d').

A.6.3.5 Correcciones para combustible

Ya que los detectores de chispas/brasas responden a las emisiones Planckianas en la porción infrarroja más cercana del espectro, es muy raro que se necesiten correcciones para combustibles.

A.7 B.6 Modelos de incendio por computadora

Se encuentran disponibles una serie de modelos de computadora para aplicaciones especiales para ayudar en el análisis y diseño de detectores de calor (por ejemplo, de temperatura fija, velocidad de aumento, enlaces fusibles) y de humo. Estos modelos de computadora generalmente funcionan en computadoras personales y se encuentran disponibles en el sitio web de NIST: <http://fire.nist.gov>.

A.7.1 DETACT — T^2

DETACT — T^2 (DETECTOR ACTUATION – time squared = tiempo de activación del detector al cuadrado) calcula el tiempo de activación de los detectores de calor (de temperatura fija o velocidad de aumento) y de rociadores en incendios especificados por el usuario que crecen en función del tiempo al cuadrado. DETACT — T^2 supone que el detector se encuentra en un compartimiento de grandes dimensiones con un cielorraso no limitado, en el que no existe una acumulación de gases calientes en el cielorraso. De ese modo, el calentamiento del detector se produce solamente debido al flujo de gases calientes a lo largo del cielorraso. La información de ingreso incluye H , t_0 , RTI, T_s , S , y α . El programa calcula el índice de liberación de calor cuando se activa el detector, al igual que el tiempo que lleva la activación.

A.7.2 DETACT — QS

A.7.2.1 DETACT — QS (DETEctor ACTuation – quasi-steady = activación del detector casi-estable) calcula el tiempo de activación de los detectores de calor y rociadores en respuesta a incendios que crecen según la definición del usuario. DETACT —QS supone que el detector se encuentra ubicado en un compartimiento de grandes dimensiones con un cielorraso no limitado, en el que no existe una acumulación de gases calientes en el cielorraso. De ese modo, el calentamiento del detector se produce solamente debido al flujo de gases calientes a lo largo del cielorraso. La información de ingreso incluye H , t_0 , RTI, T_s , la distancia del detector desde el eje del incendio y los índices de liberación de calor correspondientes a tiempos especificados por el usuario. El programa calcula el índice de liberación de calor en el momento de la activación del detector, el tiempo hasta la activación y la temperatura del chorro de alta presión.

A.7.2.2 El DETACT — QS también puede encontrarse en HAZARD I, FIREFORM, FPETOOL. Se puede encontrar una evaluación exhaustiva de DETACT QS en la SFPE, *Guía de ingeniería: Evaluación del modelo de incendio por computadora DETACTQS*.

A.7.2.3 Esta guía provee información acerca de la base teórica, fuerza matemática, sensibilidad de egreso a ingreso, y evaluación de la capacidad predictiva del modelo.

A.7.3 LAVENT

El LAVENT (Link Actuated VENT) (ventilación activada por enlace) calcula el tiempo de activación de rociadores y ventilaciones de cielorraso activados mediante enlaces fusibles para incendios en compartimientos con cortinas de ventilación. La información entrante incluye temperatura ambiente, tamaño del compartimiento, propiedades termo físicas del cielorraso, ubicación del incendio, índice de tamaño y crecimiento, área y ubicación de la ventilación del cielorraso, RTI y temperatura nominal de los enlaces fusibles. La información de salida del modelo incluye las temperaturas y tiempos de liberación de los enlaces, las áreas de las ventilaciones que se han abierto, la distribución de temperatura radial en el cielorraso y la temperatura y altura de la capa superior.

A.7.4 JET e modelo computarizado de dos zonas, de compartimiento único

Es un modelo computarizado de dos zonas, de compartimiento único. Se ha diseñado para calcular la temperatura de la línea central de la columna de humo/de fuego, la temperatura del chorro de gases y la velocidad del chorro de gases de alta presión. JET puede modelar los eslabones fusibles montados sobre cielorrasos, así como las ventilaciones del cielorraso activadas por los enlaces. El JET evoluciona a partir de la plataforma modelo utilizada para el LAVENT e incluye muchas de las mismas características. Algunas de las principales diferencias entre ellos incluyen los algoritmos de temperatura y velocidad del chorro de gases, el algoritmo de los eslabones fusibles y el uso de una fracción radiactiva variable.

Bibliografía

- [1] ILO-OSH 2001, *Guidelines on occupational safety and health management systems part*
- [2] ANSI/UL 268, Standard for Smoke Detectors for Fire Alarm Systems
- [3] OHSAS 18001, sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo: implantación
- [4] NTP 41, Alarma de incendio
- [5] Sistemas de detección y alarma
- [6] NFPA 10, Norma para Extintores Portátiles Contra Incendio
- [7] NFPA Fire Protection Handbook, 20th edition, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2008
- [8] NFPA 72E, Standard for Automatic Fire Detectors, 1984 edition
- [9] NFPA 92, Norma para los Sistemas de Control de Humo