



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN
SOBRE COMPORTAMIENTO AL FUEGO
DE ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS.**

JAVIER EDUARDO HERNÁNDEZ JARA

**PROFESOR GUÍA:
GABRIEL RODRÍGUEZ JAQUE.**

**PROFESOR CO-GUÍA:
MIGUEL BUSTAMANTE SEPÚLVEDA.**

**PROFESOR INTEGRANTE
DAVID CAMPUSANO BROWN.**

**SANTIAGO DE CHILE
ABRIL 2008**

**RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
POR: JAVIER HERNANDEZ JARA
FECHA: LUNES 21/04/2008
PROF. GUÍA: Sr. GABRIEL RODRÍGUEZ J.**

**RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN
SOBRE EL COMPORTAMIENTO AL FUEGO
DE ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN PARA VIVIENDAS.**

Este trabajo de título entrega una recopilación de información referente al comportamiento al fuego de materiales y elementos de construcción, con el objeto de que al momento de diseñar, tanto estructural como decorativamente cualquier tipo de vivienda, se tenga presente el riesgo que pudiera producirse ante la eventualidad de un incendio. El estudio comprende elementos destinados a la construcción que pueden ser del tipo estructural o no estructural y a su vez, los materiales de revestimiento con los que están cubiertos. Ejemplo de ello lo constituyen los elementos verticales, tales como muro y tabiques tanto divisorios como perimetrales, pilares, puertas, ventanas y persianas; elementos horizontales, ya sea losas, entrepisos, vigas, alfombras; y, el estudio de elementos inclinados, tales como techumbres.

Para llevar a efecto lo anterior se estudiaron distintos tipos de elementos con los que se construye tradicionalmente en el país y algunos otros que ofrece el mercado. E igualmente, se estudiaron aquellos materiales con los que están revestidos dichos elementos.

En consecuencia, la información que se entrega, corresponde a la resistencia al fuego de los elementos de construcción, las cualidades pirógenas y térmicas de los materiales de revestimiento y el estudio de la normativa tanto nacional como extranjera que regula la disposición de los mismos.

El estudio de los materiales de revestimiento está enfocado al análisis y clasificación que estipula la normativa extranjera, ya sea europea y norteamericana entre otras. A su vez, con los estudios experimentales que se desarrollan en los laboratorios del IDIEM y trabajos de título ya realizados.

Con los resultados obtenidos se espera incentivar una reestructuración de la normativa chilena, específicamente del capítulo 3 del título 4 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), que trata de “las condiciones de seguridad contra incendios”. Así como también, incentivar a que los protagonistas en el diseño constructivo de viviendas tomen real conciencia de la importancia que significa una buena elección de los elementos y materiales de construcción.

En definitiva, este trabajo será de gran ayuda para dichos profesionales, llámese arquitectos, ingenieros y constructores, de tal modo que tengan pleno conocimiento del comportamiento al fuego que tendrán los elementos de construcción junto con sus materiales de revestimiento, y de este modo, facilitar su elección en cuanto a la seguridad del edificio, es decir, minimizar los daños en caso de incendio y por ende garantizar la vida de sus ocupantes.

A todos aquellos que colaboraron con mi formación tanto académica como personal. En particular, mis profesores, mi familia y amigos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	OBJETIVOS.....	2
	2.1 Objetivos generales.....	2
	2.2 Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO III	CONCEPTOS GENERALES DE FUEGO E INCENDIO.....	3
	3.1 Fuego y su fundamento químico.....	3
	3.2 Fuentes de energía calorífica.....	4
	3.3 Tratamientos ignífugantes.....	7
	3.4 Comportamiento del fuego en espacios confinados.....	13
	3.5 Incendio.....	14
	3.6 Protección contra incendios.....	15
	3.6.1 Medidas pasivas.....	15
	3.6.2 Medidas activas.....	15
	3.6.3 Normativa.....	16
	3.7 Incendios más graves de la historia.....	17
	3.7.1 Incendio de Roma, 64.....	17
	3.7.2 Incendio de Londres, 1966.....	17
	3.7.3 Incendio de la iglesia de la compañía, 1863.....	18
	3.7.4 Incendio de Manizales, 1925 y 1926.....	19
	3.7.5 Incendio del supermercado Ycuá Bolaños.....	20
	3.7.6 Chile, incendio del Edificio Diego Portales, 2006.....	21
CAPÍTULO IV	ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN Y SU RESISTENCIA AL FUEGO.....	23
	4.1 Elementos verticales.....	24
	4.1.1 Elementos verticales tradicionales.....	24
	4.1.2 Elementos verticales tradicionales de marca.....	26
	4.1.3 Muro/tabiques divisorios y/o perimetrales.....	26
	4.1.4 Paneles mixtos o asimilables a F – 15.....	28
	4.1.5 Puertas según marca.....	32
	4.1.6 Puerta F - 30.....	34
	4.1.7 Ventanas.....	34
	4.1.8 Vidrios.....	36
	4.1.9 Persianas y cortinas.....	38
	4.1.10 Pilar protegido con estuco.....	42
	4.1.11 Pilar protegido con planchas.....	43
	4.1.12 Pilar protegido con pintura.....	44
	4.2 Elementos horizontales e inclinados.....	45
	4.2.1 Losa de hormigón nervadas F - 60.....	45
	4.2.2 Losa de hormigón F - 90.....	46
	4.2.3 Losa prefabricadas con viguetas de hormigón F - 120.....	46
	4.2.4 Losa de hormigón con vigas protegidas F - 120.....	47
	4.2.5 Entrepiso de madera protegidos F - 60.....	47
	4.2.6 Viga protegida con estuco	48
	4.2.7 Alfombras.....	49
	4.2.8 Techumbre protegida.....	54

ÍNDICE DE CONTENIDOS (continuación)

CAPÍTULO V	CUALIDADES PIRÓGENAS.....	55
	5.1 Temperatura de ignición del material.....	55
	5.2 Temperatura de inflamación.....	58
	5.3 Combustión espontánea por radiación.....	61
	5.4 Poder calorífico.....	63
	5.5 Velocidad de combustión, de llamas y de disipación del calor	65
	5.6 Índice de oxígeno.....	67
	5.7 Densidad óptica de humo	68
	5.8 Análisis de gases.....	74
	5.8.1 Gases de la combustión y sus efectos.....	75
	5.8.2 Ensayos de toxicidad de productos de la combustión.....	78
	5.9 Combustibilidad.....	80
CAPÍTULO VI	CUALIDADES TÉRMICAS.....	81
	6.1 Conductividad térmica.....	81
	6.2 Dilatación térmica.....	91
CAPÍTULO VII	ESTUDIO DE LA NORMATIVA.....	94
	7.1 Normativa nacional.....	94
	7.1.1 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).....	95
	7.1.2 NCh 935/1 Ensayo de resistencia al fuego - Parte 1: Elementos de construcción en general.....	96
	7.1.3 NCh 935/2 Ensayo de resistencia al fuego - Parte 2: Puertas y otros elementos de cierre.....	98
	7.1.4 NCh 2209 Ensayo del comportamiento al fuego de elementos de construcción vidriados.....	99
	7.1.5 NCh 1914/1 Ensayo de reacción al fuego - Parte 1: Determinación de la no combustibilidad de materiales de construcción.....	100
	7.1.6 NCh 1914/2 Ensayo de reacción al fuego - Parte 2: Determinación del calor de combustión de materiales en general.....	101
	7.1.7 NCh 1916 Determinación de cargas combustibles.....	101
	7.1.8 NCh 1974 Pinturas - Determinación del retardo al fuego.....	102
	7.1.9 NCh 1977 Determinación del comportamiento de revestimientos textiles a la acción de una llama.....	102
	7.1.10 NCh 1979 Determinación del comportamiento de telas a la acción de una llama.....	103
	7.1.11 NCh 2121/1 - Parte 1: Determinación del comportamiento de plásticos autosoportantes a la acción de una llama.....	104
	7.1.12 NCh 2121/2 - Parte 2: Determinación del comportamiento de plásticos flexibles a la acción de una llama.....	104
	7.2 Normativa extranjera.....	105
	7.2.1 Legislación española	115
	7.2.2 Legislación de Estados Unidos.....	116
	7.2.3 NBE - CPI - 96.....	117
	7.2.4 Documento Básico SI. Seguridad en caso de incendio.....	117
	7.2.5 Normativa europea de reacción al fuego de los materiales de construcción.....	119
	7.2.6 Otras normas y su legislación en la clasificación de materiales.....	122

ÍNDICE DE CONTENIDOS (continuación)

CAPÍTULO VIII	DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	124
	8.1 Discusiones.....	124
	8.2 Conclusiones.....	125
	8.3 Recomendaciones.....	127
CAPÍTULO IX	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	128
ANEXO A	A.1 Cálculo de masividades.....	130
	A.2 Tablas de correlación entre masividad y espesor de pinturas para determinar resistencia al fuego.....	135
ANEXO B	B.1 Extracto de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC).....	140
	B.1.1 Capítulo 3. DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO.....	140
	B.2 Extracto de Documento Básico SI.....	155
	B.2.1 Sección SI 6, Resistencia al fuego de la estructura.....	155
	B.2.2 Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón armado.....	159
	B.2.3 Resistencia al fuego de los elementos de acero.....	172
	B.2.4 Resistencia al fuego de las estructuras de madera.....	177
	B.2.5 Resistencia al fuego de los elementos de fábrica.....	190
	B.3 Extracto de NBE-CPI-96.....	192
	B.3.1 CAPITULO 3. COMPORTAMIENTO ANTE EL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y MATERIALES.....	192
	B.3.2 APÉNDICE 1. RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.....	204
ANEXO C	C.1 Combustión espontánea.....	206
	C.2 Índice de oxígeno de algunas sustancias.....	212
ANEXO D	D.1 Elementos verticales tradicionales de marca.....	213
	D.2 Muro/tabique divisorios y/o perimetrales.....	216
	D.3 Puertas F – 30.....	223
	D.4 Ventanas.....	224
	D.5 Pilar protegido.....	226
	D.6 Elementos Horizontales.....	234
	D.7 Elementos Inclinaados.....	238

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1	Productos químicos ignifugantes para textiles.....	8
Tabla 3.2	Cuadro comparativo del número de incendios en edificios junto con sus pérdidas humanas y materiales en EE.UU. luego de implantar políticas de protección ante el fuego.....	14
Tabla 4.1	Resistencia al fuego de elementos verticales tradicionales.....	24
Tabla 4.2	Ensayos de comportamiento al fuego de elementos vidriados.....	37
Tabla 4.3	Fibras no combustibles.....	38
Tabla 4.4	Fibras resistentes a la llama (FR).....	38
Tabla 4.5	Propiedades de algunas fibras de alfombras y/o moquetas.....	50
Tabla 4.6	Incendios en edificios en los que el combustible inicial ha sido un tejido, por tipo de ropa.....	52
Tabla 4.7	Incendios en edificios en los que el combustible inicial ha sido un tejido, por clase de tejido.....	53
Tabla 5.1	Tiempo a la ignición de especímenes de madera.....	55
Tabla 5.2	Temperatura de ignición de maderas.....	56
Tabla 5.3	Temperatura de ignición de algunos materiales.....	56
Tabla 5.4	Resistencia a la ignición de algunos materiales.....	57
Tabla 5.5	Variación de la temperatura de ignición según el porcentaje de mezcla.....	62
Tabla 5.6	Variación de la temperatura de ignición de según el tamaño del recipiente.....	62
Tabla 5.7	Calor de combustión de algunos materiales.....	63
Tabla 5.8	Índice de oxígeno (IOL) y temperatura de ignición de algunos materiales.....	67
Tabla 5.9	Densidad óptica específica y densidad óptica de masa para maderas y plásticos.....	72
Tabla 5.10	Estudio de los efectos del HCN para distintas concentraciones y tiempo de exposición.....	76
Tabla 5.11	Gas predominante que expelen algunos materiales.....	78
Tabla 5.12	Comportamiento a la combustión de algunos textiles.....	80
Tabla 6.1	Conductividad térmica en materiales. Fuente: NCh 853.....	87
Tabla 6.2	Coefficiente de dilatación térmica	92
Tabla 7.1	Cuadro comparativo de normas generales sobre comportamiento al fuego tanto chilenas como extranjeras.....	106
Tabla 7.2	Cuadro comparativo de normas generales sobre resistencia al fuego tanto chilenas como extranjeras.....	107
Tabla 7.3	Cuadro comparativo de normas sobre carga combustible y combustibilidad tanto chilenas como extranjeras.....	109
Tabla 7.4	Cuadro comparativo de normas sobre comportamiento al fuego tanto chilenas como extranjeras.....	110
Tabla 7.5	Clasificación de materiales ante comportamiento al fuego.....	122
Tabla 7.6	Cuadro comparativo de clasificación de materiales ante comportamiento al fuego de las normas extranjeras.....	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1	El gran incendio de Roma. Ilustración de Foxe's Book of Martyrs.....	17
Figura 3.2	Detalle de una pintura de 1666 del Gran Incendio de Londres de un artista desconocido, representando el incendio como pudo haber sido observado en la tarde del martes 4 de setiembre.....	18
Figura 3.3	Acuarela que retrata el incendio de la Iglesia de la Compañía.....	19
Figura 3.4	Ruinas de las casas aledañas a la plaza Bolívar después del incendio de 1925. Propiedad de Alicia Vélez de Vélez.....	20
Figura 3.5	Torres de la antigua catedral de madera mientras se derrumbaban en el incendio del 25. La fotografía es propiedad de Alicia Vélez Sáenz.....	20
Figura 3.6	El supermercado Ycuá Bolaños, en el centro de Asunción, Paraguay.....	21
Figura 3.7	Fotografías del incendio de Edificio Diego Portales.....	22
Figura 4.1	Ejemplo de configuración de paneles resistentes al fuego.....	26
Figura 4.2	Elemento vidriado.....	36
Figura 4.3	Cortina Roller telas Screen Black-out y rústica.....	39
Figura 4.4	Mini persiana aluminio 25 mm.....	40
Figura 4.5	Cortina vertical tela de 89 mm.....	40
Figura 4.6	Micro persiana aluminio de 16 mm.....	41
Figura 4.7	Pilar protegido con estuco.....	42
Figura 4.8	Pilar protegido con planchas.....	43
Figura 4.9	Pilar protegido con pintura intumescente.....	44
Figura 4.10	Losa de hormigón nervada.....	45
Figura 4.11	Losa de hormigón con viga protegida.....	46
Figura 4.12	Losa compuesta por bovedillas de hormigón.....	47
Figura 4.13	Viga protegida con estuco.....	48
Figura 4.14	Pelo de alfombra, tipo Bouclé liso.....	51
Figura 4.15	Pelo de alfombra, tipo Bouclé estructuradalisó.....	51
Figura 4.16	Pelo de alfombra, tipo Plush.....	51
Figura 4.17	Pelo de alfombra, tipo Saxony.....	51
Figura 4.18	Pelo de alfombra, tipo Frizzé.....	52
Figura 4.19	Ejemplo de cercha que es sometida a ensayo.....	54
Figura 5.1	Gráfico de visibilidad v/s coeficiente de extinción para una señal que emite luz y para otra que refleja luz.....	70
Figura 6.1	Gráfico ejemplo de la relación que existe entre la conductividad térmica y la humedad.....	82
Figura 6.2	Gráfico ejemplo de la relación que existe entre la conductividad térmica y la temperatura.....	82
Figura 6.3	Gráfico ejemplo de la relación que existe entre la conductividad térmica y la densidad.....	83
Figura 6.4	Esquema del aparato de placas térmicas con anillo de guarda, NCh 850.....	84
Figura 6.5	Vista en planta de la cámara térmica, NCh 851.....	85
Figura 6.6	Vista lateral de la cámara térmica, NCh 851.....	86
Figura 6.7	Otra alternativa de montaje que se puede dar para formar una cámara térmica, NCh 851.....	86
Figura 6.8	Ejemplo de dilatación térmica superficial.....	92
Figura 7.1	Curva normalizada de tiempo - temperatura.....	97

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Un proyecto habitacional (a grandes rasgos) pasa por una secuencia de eventos que parten con el diseño arquitectónico en donde se definen la ubicación y orientación de la vivienda, limitación de espacios, planificación, tipo de uso, etc., por supuesto, siempre de acuerdo a las exigencias del mandante; luego el proyecto pasa por la etapa de diseño estructural, en donde se especificará con mayor detalle los materiales y dimensiones de los elementos estructurales que le entreguen la resistencia mecánica adecuada; y finalmente, la construcción, la cual debiera ser un fiel reflejo de lo antes diseñado.

Lo ideal es que durante esta secuencia de eventos exista una fuerte comunicación y coordinación entre mandante, arquitecto, ingeniero y constructor con respecto a todos los elementos estructurales, no estructurales y materiales que se proyectan para la vivienda, y por cierto, debe conocerse el comportamiento que tendrán éstos ante la eventualidad de un incendio.

Esto último, por lo general no es asumido con la relevancia que amerita, pues se diseña y construye bajo un optimismo injustificado, suponiendo prácticamente nula la ocurrencia de un incendio, y si llegase a suceder, las medidas de resguardo que se toman son tan básicas como que el recinto cumpla con los requerimientos mínimos que exige la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), no tomando en consideración que una buena elección de los elementos que compondrán la vivienda, pueden por ejemplo, permitir que el incendio no se propague a otras zonas, o bien, que el incendio se apague por el hecho de contar con una buena elección de materiales que garanticen que el fuego no se expanda superficialmente.

Lo ideal es que la construcción de una vivienda incluya todos estos puntos, sin desmerecer el conocimiento del comportamiento al fuego. Es por tal razón que este trabajo de título pretende que los profesionales protagonistas en el ámbito de la construcción, tengan pleno conocimiento de lo importante que es manejar cabalmente términos como la resistencia al fuego, cualidades pirógenas y térmicas de los elementos de construcción, de sus materiales de revestimiento, e incluso, estas cualidades respecto al alhajamiento de las viviendas

La normativa chilena aborda el comportamiento al fuego de los materiales, elementos y componentes de la construcción de acuerdo a una serie de normas, las cuales se clasifican según los siguientes temas de estudio: normas generales sobre prevención de incendios en edificios, normas de resistencia al fuego, normas sobre cargas combustibles en edificios, sobre comportamiento al fuego, sobre señalización en edificios, sobre elementos de protección y combate contra incendios y sobre rociadores automáticos. Sin embargo, no se cuenta con una norma que clasifique los materiales de revestimientos para que la OGUC pueda hacer alusión a ella, siendo estos los principales causantes de la propagación del fuego dentro del recinto en los primeros segundos, luego de haberse declarado el incendio.

Es por esto último que este trabajo de título abordará este estudio a partir de normativas extranjeras, haciendo un símil con la normativa nacional. En particular, las cualidades pirógenas que se analizarán serán la temperatura de ignición del material, la combustión espontánea, el poder calorífico, la velocidad de llama, el índice de oxígeno, análisis de gases, etc. Y entre las cualidades térmicas se estudiará la conductividad térmica y la dilatación térmica.

CAPÍTULO II OBJETIVOS

2.1 Objetivos generales.

Los objetivos generales de este trabajo de título es entregar a la comunidad perteneciente al ámbito de la construcción una recopilación de información relacionada con el comportamiento al fuego que tienen los elementos de construcción, así como también los materiales con los que están revestidos. A su vez, se entregará información del comportamiento al fuego de materiales de alhajamiento y decoración, como es el caso de alfombras, persianas y cortinas, puesto que estos constituyen materiales propensos para formar parte del combustible en la génesis del incendio.

Otro objetivo general es mencionar, y por ende dejar en la conciencia de los lectores, la importancia que significa una eficiente elección y distribución de los elementos y materiales de construcción, de tal modo de evitar la generación y desarrollo de un incendio. Esto último es de suma importancia, ya que si se cuenta con una clara y estricta legislación, se podrían evitar muchos posibles siniestros, y por lo tanto, no lamentar el alto costo de pérdida materiales que ocasiona un incendio así como también el triste costo de pérdidas humanas.

2.2 Objetivos específicos.

Como este trabajo no se limitará tan solo a un estudio técnico de comportamiento al fuego, un objetivo específico consiste en la entrega de información relacionada con las consecuencias dañinas que abaten al ser humano cuando se expone a los efectos de la combustión de un incendio.

Cabe señalar, que el o los profesionales a cargo del diseño y construcción de la vivienda, debieran saber en qué consisten cada una de las características pirógenas y térmicas que se abordarán en este trabajo, por lo tanto un objetivo específico es resumir la forma en que se calculan o determinan de acuerdo a sus respectivas normas, y por otro lado, detallar sus efectos nocivos cuando corresponda.

Estudio de los distintos elementos de construcción ya señalados, así como también de los materiales que los revisten que en definitiva son las causantes de la génesis de los incendios.

Plantear la importancia que significa una reestructuración de la normativa chilena principalmente enfocado a la necesidad de normalizar los tipos de materiales de revestimiento que se deben evitar en estructuras destinadas a ciertos usos con el objeto de minimizar el riesgo de incendio, su velocidad de propagación, toxicidad, etc. Todo esto envuelto en la creación de una clasificación de materiales de construcción según su comportamiento al fuego siguiendo el ejemplo de las normativas extranjeras.

CAPÍTULO III CONCEPTOS GENERALES DE FUEGO E INCENDIO

3.1 Fuego y su fundamento químico.

Se llama fuego al proceso de oxidación violenta de una materia combustible, con desprendimiento de llamas, calor y gases, desarrollándose por tanto un proceso fuertemente exotérmico.

Para que el fuego tenga continuidad, se necesitan que ocurran cuatro elementos que se detallan a continuación:

- Combustible (usualmente, un compuesto orgánico, como el carbón vegetal, la madera, los plásticos, los gases de hidrocarburos, la gasolina, etc.).
- Comburente, el oxígeno del aire.
- Temperatura, o energía de activación, que se puede iniciar con una chispa, temperatura elevada u otro tipo de fuente de ignición.
- Reacción en cadena, Es la reacción mediante la cual la combustión se mantiene sin necesidad de mantener la fuente principal de ignición.

Cada combustible tiene una temperatura de ignición distinta, (también llamado punto de ignición) En la mayoría de los casos, una vez que comienza la reacción de oxidación, el calor desprendido en el proceso sirve para mantenerlo.

Cada combustible libera, al quemarse, una cierta cantidad de energía en forma de calor, igual a la energía que mantenía unidos los átomos en las moléculas del combustible, menos la empleada en la formación de los nuevos compuestos (gases resultantes de la combustión o gases quemados). La cantidad de energía que cada combustible produce, se expresa por su poder calorífico.

Los gases y vapores producidos por la oxidación (principalmente vapor de agua y dióxido de carbono), a alta temperatura por el calor desprendido por la reacción, emiten las llamas (gases incandescentes) que a su vez emiten luz visible e invisible (luz infrarroja), y calor.

3.2 Fuentes de energía calorífica. (ref. 27)

a) **Energía calorífica de origen químico:**

Al producirse una reacción química de oxidación generalmente se produce calor, y a partir de ello, las fuentes de calor que ostentan mayor interés son los que se detallan a continuación:

- **El calor de combustión**, denominado comúnmente poder calorífico, corresponde a la cantidad de calor emitido durante la oxidación completa de una sustancia. Generalmente se expresa en MJ/kg o bien en Mcal/kg y su valor es utilizado para calcular la carga combustible de un recinto, pero por sí solo, no es un indicador sobre el riesgo relativo de un incendio ya que este depende de la velocidad de combustión y de la cantidad de calor total generado.
- **El calor de descomposición** es el desprendido por compuestos que requieren de calor para su formación, es decir se forman a partir de reacciones endotérmicas. Producto de lo anterior, no son muy estables, y la descomposición comienza cuando son sometidos a temperaturas por sobre la temperatura crítica, y luego la descomposición continúa por sí sola con liberación de calor. El nitrato de celulosa es peligroso al liberar importante cantidad de calor durante su descomposición.
- **El calor de disolución** es el que desprende una sustancia al disolverse en algún líquido. La mayoría de las sustancias al disolverse emiten calor, el cual si bien es cierto no es realmente significativo para prestarle mayor atención, algunos productos químicos como el ácido sulfúrico concentrado pueden emitir peligrosas cantidades de calor. Por otra parte, los que se disuelven en el agua pueden presentar algún grado de peligrosidad en caso de que la reacción química se presente cerca de un material pirolisado propenso a entrar en combustión.
- **El calentamiento espontáneo** es el proceso de aumento de temperatura de una material sin que para ello se extraiga calor de su entorno. Esto da origen a la ignición o combustión espontánea del material. Las circunstancias por las cuales se origina este efecto depende de la cantidad de aire disponible, la tasa de generación de calor y las propiedades aislantes del entorno inmediato, es decir, debe disponerse de aire suficiente para que se produzca la oxidación, pero no exceso del mismo para que el calor no se disipe por convección a la misma velocidad que se forma y el entorno debe brindar las condiciones tales que la temperatura aumente al rededor del material hasta que se produzca la ignición. Un ejemplo de lo anterior puede ser un trapo empapado de aceite vegetal que puede liberar calor por descomposición; si está en el fondo de un cubo de basura y contenido en un manojo de trapos esta condición permite entregarle aislación del entorno; y si se permite que entre la cantidad de aire suficiente para que la tasa de calor generado sea mayor a lo que se puede disipar, se puede provocar la autoignición.

b) **Energía calorífica de origen eléctrico:**

El flujo de corriente por medio de un conductor en donde los electrones van pasando de átomo en átomo mediante una serie de colisiones entre partículas atómicas depende de la resistencia eléctrica que tiene cada sustancia. Así por ejemplo, el cobre contiene electrones externos fácilmente eliminables otorgándole el título de buen

conductor. Así, la resistencia eléctrica es proporcional a la energía necesaria para mover electrones dentro de la sustancia y este gasto de energía aparece en forma de calor. Los calentamientos de origen eléctricos son los que se detallan a continuación:

- **Calentamiento por resistencia** se produce cuando la tasa de generación de calor es proporcional a la resistencia y al cuadrado de la corriente. Ejemplo de ello son las bombillas incandescentes que cuentan con filamentos que otorgan resistencia y así pueden calentarse al blanco.
- **Calentamiento dieléctrico:** Se denomina dieléctricos a los materiales que no conducen la electricidad, por lo que pueden ser utilizados como aislantes. Al someter los átomos a gradientes de potencial eléctrico externo, la distribución del átomo sufre deformaciones y los electrones tienden a trasladarse en la dirección del potencial positivo, mientras que los protones en dirección contraria. Aunque el potencial no basta para liberar electrones, la distorsión de la distribución atómica normal representa un gasto de energía. El calentamiento del dieléctrico puede alcanzar niveles importantes si la frecuencia alterna del potencial externo alcanza niveles elevados. Algunos ejemplos de este tipo de materiales son el vidrio, la cerámica, la mica, la cera, el papel, la madera seca, la porcelana y la baquelita.
- **Calentamiento por inducción:** Este método se utiliza para tener una fuente de calor constante y rápida en aplicaciones de fabricación en las que se necesitan soldaduras, uniones, o en las que hay que modificar las propiedades de un metal u otros materiales conductores de electricidad. El proceso depende de corrientes eléctricas dentro del material para producir calor. Los componentes básicos son una fuente de alimentación de CA, una bobina de inducción y la pieza que se va a calentar. La fuente de alimentación transmite corriente alterna por la bobina, con lo que se genera un campo magnético. Cuando se coloca la pieza dentro del campo magnético de la bobina, aparecen corrientes por efecto de la inducción en su interior, generándose calor puro en cantidades precisas y localizadas sin que exista un contacto físico directo.
- **Calentamiento originado por corrientes de fuga:** Los materiales aislantes si son sometidos a tensiones importantes pueden permitir que circule cierta intensidad de corriente la cual adopta el nombre de corriente de fuga. Cuando estos materiales aislantes son muy delgados, la corriente de fuga puede calentar el material.
- **Calor debido al arco eléctrico** o también arco voltaico, es la descarga eléctrica que se forma entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial. Para iniciar un arco se ponen en contacto, brevemente, los extremos de dos electrodos, y se hace pasar una corriente intensa (unos 10 amperios) a través de ellos. Esta corriente provoca un gran calentamiento en el punto de contacto, al separarse los electrodos, se forma entre ellos una descarga luminosa similar a una llama. La descarga está producida por electrones que van desde el electrodo negativo al positivo. El choque de los iones genera un calor intenso en los electrodos, calentándose más el electrodo positivo debido a que los electrones que golpean contra él tienen mayor energía total. En un arco abierto al aire a presión normal el electrodo positivo alcanza una temperatura de 3.500 °C. Durante el tiempo de la descarga se produce una luminosidad muy intensa y un gran desprendimiento de calor.

- **El calentamiento por electricidad estática**, o electricidad por fricción corresponde a la acumulación de carga eléctrica en la superficie de dos materiales que se han unido y separado después. Si estas sustancias no estuvieran conectadas o puestas a tierra podrían asimilar suficiente carga eléctrica para generar una chispa.
- **El calor generado por el rayo** es una descarga eléctrica sobre una nube, hacia la carga opuesta de otra nube o sobre la tierra.

c) **Energía calorífica de origen mecánico:**

Este tipo de energía es el responsable de gran parte de los incendios, en particular, el calor originado por fricción. Su clasificación es la que se detalla a continuación:

- **El calor generado por fricción** corresponde a la energía mecánica utilizada para superar la resistencia al movimiento creada por el rozamiento de dos sólidos. Si bien es cierto, cualquier rozamiento produce calor, la peligrosidad de dicha energía disipada dependerá de la tasa en la cual se produce.
- **Las chispas producidas por fricción** se generan cuando se frotan dos superficies duras y al menos una es metálica (corresponde a un ejemplo particular del párrafo anterior) Un ejemplo práctico de lo anterior, es cuando una herramienta metálica cae sobre una superficie de hormigón. Estas chispas se producen porque la colisión calienta las partículas en la superficie; dependiendo del nivel de oxidación y calor de combustión de la partícula metálica ésta entra en incandescencia. La incandescencia se alcanza a distintas temperaturas dependiendo del metal en cuestión (acero 1400 °C, aleaciones de cobre y níquel con pequeñas cantidades de hierro puede bordear los 300 °C), no obstante lo anterior, la temperatura de las chispas es lo suficientemente alta para provocar la ignición de un material combustible, siempre y cuando se presenten las condiciones ideales como la caída sobre algodón seco, polvo combustible o materiales explosivos.
- **El calor por compresión**, también denominado efecto diesel, es el que se desprende al aumentar la temperatura producto de la compresión de algún gas. El ejemplo práctico de lo anterior es el sistema empleado en los motores diesel.

d) **Energía calorífica de origen nuclear:**

La energía nuclear es la que despiende el núcleo de un átomo en forma de calor, presión y radiación nuclear. La energía desprendida por el bombardeo del núcleo es generalmente un millón de veces mayor que la desprendida por las reacciones químicas ordinarias. El desprendimiento instantáneo de grandes cantidades de energía nuclear da origen a una explosión atómica, mientras que el desprendimiento moderado de dicha energía permite el abastecimiento de energía calorífica para uso cotidiano.

3.3 Tratamientos ignifugantes. (ref. 27)

Un material auto extinguido es aquel que siendo combustible, se apaga por sí mismo luego que la fuente de ignición que le ha combustionado deja de actuar sobre él. Para conseguir esto de forma artificial, se puede aplicar a los materiales combustibles un tratamiento ignífugo.

Todos los materiales orgánicos y algunos inorgánicos arden si se dan condiciones favorables para ello. Los productos ignífugos pueden hacer más difícil la ignición de un material o hacerla arder más lentamente. Pueden ser muy eficaces en la prevención de la ignición a partir de exposiciones al fuego y al calor poco intensas y de corta duración. Incluso si las exposiciones son moderadas, las características de combustión se pueden mejorar ostensiblemente mediante el uso de ignífugos, dependiendo del producto y del tipo de aditivos utilizados.

Para el caso de materiales textiles, la legislación extranjera (norteamericana, por ejemplo) exige tratamientos ignífugos en escenarios de teatros, cortinas y visillos de lugares de pública concurrencia. También se utilizan tejidos tratados en hoteles, hospitales y otras dependencias, con objeto de proteger vidas y propiedades.

Para ello las entidades se ven en la obligación de utilizar productos químicos normalizados, sin embargo, estos tratamientos sólo hacen que la tela resista a llamas pequeñas, mientras que pueden arder rápidamente en incendios grandes.

Los efectos de los tratamientos químicos que se aplican a las telas combustibles para reducir su inflamabilidad son varios y muy complejos, no estando aún perfectamente estudiados en todas sus fases. Hay cinco maneras diferentes por las que la aplicación de ciertos productos químicos puede retardar la propagación de la llama en un tejido, y su incandescencia posterior:

- a) productos químicos que generan gases no combustibles que tienden a excluir el oxígeno de las superficies que arden;
- b) radicales o moléculas procedentes de la degradación del producto ignífugo que reaccionan endotérmicamente e interfieren en la reacción en cadena de las llamas;
- c) productos ignífugos que se descomponen endotérmicamente;
- d) productos que forman un líquido o una carbonización no volátil que reduce las cantidades de oxígeno y de calor que llegan a la tela; y
- e) partículas diminutas que modifican las reacciones de combustión.

Generalmente, un producto químico o una mezcla de productos químicos ignífugos limitan la inflamabilidad en más de una de estas formas, simultáneamente.

Cientos de productos químicos se han especificado para tratamientos ignífugos de productos textiles. La siguiente muestra que ningún tratamiento es eficaz para todas las fibras. Además, algunos modifican las propiedades de las fibras, tales como resistencia a la luz solar, absorción, color y flexibilidad o les hacen perder eficacia cuando se someten a altas temperaturas o repetidos lavados.

Tabla 3.1: Productos químicos ignifugantes para textiles.

Fibra	Producto químico ignifugante
Algodón	Sal de fosfonio Tetrakis (hidroximetilo) insolubilizada con gas amoniaco
Algodón. Rayón (sin tejer y con aprestos no duraderos)	Fosfato diamónico
	Sulfato de amonio
	Compuestos de boro
Rayón (fibra modificada)	Hexapropoxi fosfaceno
Poliéster (fibra modificada)	Fosfato oligomérico
Poliéster, acetato, nylon	Decabromo-difenil éter (DBDFE) y óxido de antimonio
Nylon (apresto no duradero)	Tiourea
Lana	Compuestos de titanio y circonio
	Ácido dibromuro-tereftalico
Modacrílicos (fibras modificadas)	Cloruro de vinilo, cloruro de vinilideno, bromuro de vinilo como comonomero

Los tratamientos que protegen contra la ignición por llamas pequeñas no necesariamente confieren resistencia a la ignición por brasas de cigarrillos. Por ejemplo, generalmente el tejido de algodón tratado baja su temperatura de carbonización y disminuye su resistencia a la ignición por cigarrillos.

Como se dijo anteriormente, si las exposiciones de calor son moderadas, las características de combustión se pueden mejorar mediante el uso de ignifugantes, sin embargo, cuando las exposiciones son ya de gran envergadura, tanto los plásticos tratados como los no-tratados suelen comportarse ante el fuego de forma parecida.

Los productos químicos ignifugantes se añaden a los plásticos durante el proceso de fabricación. Debido a la gran diversidad de las propiedades de los distintos plásticos, no hay un único y universal aditivo, ni un mecanismo ignifugante exclusivo para dotarles de resistencia al fuego. Los aditivos que se combinen con la mezcla pueden ser orgánicos o inorgánicos. Los orgánicos suelen ser hidrocarburos, dorados o bromados, o compuestos organofosfóricos, halogenados o no-halogenados. Entre los inorgánicos se incluyen las sales de antimonio, zinc, molibdeno y aluminio. Los clasificados como reactivos son, entre otros, aromáticos bromados, polioles o alifáticos bromados y fosforados con polioles. Los aditivos fosforados mejoran la ignifugación debido a que:

- favorecen la carbonización, lo que reduce la concentración de los gases de carbono;
- favorecen la formación de una capa aislante vítrea; y
- disipan las reacciones químicas que apartan el calor del sistema de combustión, inhiben químicamente el proceso de combustión, o ambas cosas.

La ignifugación de los plásticos y otros materiales se complica porque un cierto producto químico ignífugo que sea eficaz en un sistema de sustratos puede no serlo en otro. Es decir, los ignífugos del poliestireno no lo son necesariamente para el polietileno, el nylon, la madera o el algodón. Los ignífugos, muchas veces, afectan desfavorablemente a otras propiedades del material. Por ejemplo, el tratamiento de las telas de algodón reduce generalmente la resistencia de la tela y su durabilidad. En los plásticos, los ignífugos pueden reducir las temperaturas tolerables en el proceso de producción y perjudicar sus propiedades físicas.

La ASTM define un material ignífugo como aquel que "posee o proporciona índices de inflamabilidad o propagación de llamas comparativamente bajos". El índice nominal de propagación de llama se expresa en números o clasificaciones obtenidas de acuerdo con las especificaciones de la NFPA 255, *Método de ensayo de las características superficiales de combustión de los materiales de construcción*. Los términos "retardador de llamas" y "resistente a las llamas" pueden emplearse más o menos indistintamente para designar materiales de decoración que, debido al tratamiento químico a que se les somete o a sus propiedades inherentes, no se inflaman fácilmente ni propagan las llamas cuando están expuestos a fuegos pequeños o moderados. Para designar productos químicos, pinturas y recubrimientos empleados para el tratamiento de elementos decorativos (entre los que se incluyen telas, árboles de navidad, etc.) es preferible emplear el término "retardador de llamas".

Se han ideado cuatro teorías generales para explicar los mecanismos por los que ciertos productos químicos pueden retardar la combustión de los materiales celulósicos con llama o sin ella. Se acepta que ninguna teoría por sí misma explica claramente estos mecanismos y que en la mayor parte de los casos está involucrado más de un mecanismo. Las cuatro teorías que ofrecen las explicaciones más satisfactorias sobre la función de los productos químicos ignífugantes son las siguientes:

- a) **Teoría térmica:** Los productos ignífugos reducen de tres maneras distintas la acumulación de calor en los materiales tratados: aumentan la conductividad térmica y por tanto la disipación del calor de combustión; absorben más calor reduciendo la cantidad del mismo disponible para la pirólisis y proporcionan aislamiento térmico reduciendo la transmisión de calor al material. El aislamiento térmico es el mecanismo más eficaz y también aparece en la teoría del recubrimiento.
- b) **Teoría del recubrimiento:** Algunos ignífugantes se funden o derriten a temperaturas relativamente bajas y se cree que forman un recubrimiento aislante sobre las fibras del material tratado, actuando por medio de la exclusión del oxígeno y la inhibición del escape de los gases combustibles. Otros muestran una acción burbujeante o espumante, formando una barrera que las aísla. Las pinturas intumescientes son un buen ejemplo de este mecanismo.
- c) **Teoría de los gases:** Algunos productos químicos ignífugantes reaccionan bajo los efectos del calor emitiendo gases ininflamables tales como vapor de agua, amoníaco y anhídrico carbónico. De esta forma se diluyen los gases combustibles hasta que su mezcla con el aire resulta ininflamable. Otros ignífugantes actúan de catalizadores de las reacciones en cadena de radicales que se producen en la fase gaseosa (combustión con llama). Los ignífugantes con halógenos experimentan este tipo de proceso.
- d) **Teoría química:** La celulosa sin tratar se descompone, transformándose en gran cantidad de líquidos y sólidos. Los líquidos a su vez se descomponen en gases inflamables, y los sólidos, en carbonilla y gases, algunos de los cuales son inflamables y otros no. La producción de gases inflamables de los líquidos se combina con la de los sólidos, causando la llama. La celulosa tratada forma menos líquidos y más sólidos y una cantidad mayor de los sólidos se convierte en carbonilla. La cantidad reducida de líquidos forma algo de carbón y algunos gases inflamables. Como la cantidad de gases inflamables procedente de las fases líquida y sólida es entonces bastante menor, al emitirse menor cantidad de calor disminuye la llama, resultando una total resistencia a la llama, o al menos, una disminución de la velocidad de combustión.

Existen cuatro métodos básicos de tratamientos para producir la ignifugación de los

materiales:

- Cambios químicos: son efectivos fundamentalmente en los plásticos y las fibras sintéticas. Los polímeros naturales como la celulosa no pueden ser tratados por este método
- Impregnación: para tratamiento de materiales absorbentes. Ciertos productos a base de celulosa, como el papel, placas acústicas y tableros de fibras, durante su proceso de manufactura pasan por una etapa de pulpa húmeda. Es posible añadir productos químicos ignifugantes a esta pulpa. Las placas acústicas de fibra de madera, y los tableros para la construcción tratados con este método tienen un índice de propagación de la llama, de acuerdo con las especificaciones ASTM E-84/NFPA 255, inferior a 25.
- Impregnación a presión: para tratamientos de ignifugación de materiales no absorbentes relativamente densos, como la madera. Comparado con las técnicas simples de impregnación, el método de presión proporciona una mayor penetración y retención química.
- Recubrimiento: Hay diversos tipos de recubrimiento ignifugantes, útiles para el tratamiento de muchos materiales. Pueden aplicarse en cualquiera de las etapas de la manufacturación del producto e inhibir activamente la propagación de las llamas hasta cierto punto o presentar una superficie incombustible sobre la cual las llamas no pueden propagarse. Se emplean predominantemente para el tratamiento de materiales no absorbentes de la construcción que no pueden ser tratados por ningún otro método, para la protección de árboles de navidad y otros materiales decorativos similares y de modo limitado sobre el papel y tejido que, por diferentes razones, no pueden tratarse eficazmente por impregnación.

Los métodos de cambios químicos y de impregnación a presión están limitados a los procesos de fabricación industriales y no pueden ser empleados sobre el terreno. Los de impregnación y recubrimiento, por el contrario, sí son aptos para su aplicación fuera de la fábrica. Generalmente son preferibles los métodos industriales ya que proporcionan mayor uniformidad, permanencia y fiabilidad.

La eficacia de un recubrimiento depende de las propiedades químicas y físicas del material sobre el que se aplica, de la efectividad del propio recubrimiento en relación con el tipo de material, de la habilidad de quien realiza la operación y de la perfección del tratamiento.

La madera se trata con ignifugantes por impregnación a presión o por recubrimiento. Aunque cualquiera de estos dos tratamientos reduce la capacidad de propagación de las llamas, ninguno es significativamente efectivo para el aumento de su resistencia a la degradación ante una exposición continuada al fuego, ni impide la reducción de su capacidad de carga calorífica.

Pese a que no existe un tratamiento que haga incombustible la madera, se retrasa la propagación de la llama desde un fuego incipiente a su entorno inmediato y, en algunos casos, se impide la propagación con la aplicación de tratamientos de reciente desarrollo, reduciendo de manera sustancial el aporte de combustible y humo.

La impregnación a presión permite depositar una gran cantidad de producto ignífugo en la madera en condiciones estrechamente reguladas y con resultados uniformes y predecibles. Existen muestras de prueba fácilmente disponibles.

En las estructuras de madera sin tratar, o en los casos en que no resulten prácticos los tratamientos de impregnación a presión, pueden usarse recubrimientos ignifugantes. Los recubrimientos pueden aplicarse sobre cualquier superficie vista de elementos estructurales

acabados interiores o mobiliario. Pueden aplicarse a brocha, a rodillo, pulverizados o con llama. Como sucede en las impregnaciones a presión, el grado de reducción de la propagación de la llama que se obtenga por el recubrimiento dependerá de la combustibilidad original de la superficie, de la eficacia del material de recubrimiento empleado, de la cantidad de material que se aplique, de la perfección de la aplicación y de las dimensiones e importancia del fuego a que se vea expuesta.

Entre los muchos recubrimientos ignifugantes patentados, varios tienen certificación extendida por laboratorios acreditados. Debe desconfiarse de cualquier pintura llamada ignifugante o a prueba de fuego que no tenga la certificación de sus características de propagación de la llama extendida por un laboratorio de ensayos nacionalmente reconocido. Existen tres tipos de recubrimientos ignifugantes para madera. En orden descendente de su eficacia son:

- a) **Pinturas intumescentes:** Estas pinturas se expanden ante la acción del calor cambiando de un recubrimiento delgado, tipo pintura, a una costra gruesa e hinchada parecida. Esta costra produce los siguientes efectos: aísla el combustible del calor, aísla el combustible del oxígeno, produce gases diluyentes y reduce los gases inflamables, Mantiene su eficacia hasta que se resquebraja por la alta temperatura o por el calor sostenido.
- b) **Mástiques:** Se aplican con llana o con pistolas de pintura al gotelet y forman un grueso recubrimiento sobre la superficie del material combustible; su consistencia, una vez aplicados, varía desde una superficie dura parecida a la cerámica a una superficie blanda parecida al alquitrán. Todos resisten cantidades importantes de calor e inhiben la propagación de la llama por la membrana incombustible que forman.
- c) **Pinturas que producen gases:** Estos recubrimientos, cuando se calientan, emiten gases incombustibles que diluyen el oxígeno en las cercanías de la superficie protegida, impidiendo que se concentre suficiente cantidad de oxígeno para mantener la combustión.
- d) **Recubrimientos cementosos y de fibras minerales:** Poco se ha investigado sobre la posible aplicación de estos recubrimientos en la madera para mejorar sus características de resistencia ante el fuego. Generalmente se utilizan sobre el acero estructural para protegerlo de las temperaturas elevadas del incendio. Hay expertos que piensan que los elementos estructurales de madera podrían protegerse de la misma forma.

Los materiales que se emplean usualmente como acabado de madera, tales como tintes, pinturas al aceite, esmaltes, barnices y ceras, no tienen valor apreciable desde el punto de vista de protección contra el fuego y, en algunos casos, aumentan la combustibilidad. La pintura, sin embargo, puede tener cierto valor, al impedir la absorción del aceite y mejorar la limpieza.

Los recubrimientos ignifugantes tienen las siguientes ventajas pueden aplicarse sobre materiales combustibles que estén ya instalados; son relativamente baratos; pueden aplicarse con facilidad; y no originan pérdida de resistencia a altas temperaturas y humedades. Sin embargo, las desventajas son las siguientes: la facilidad de su aplicación puede producir tratamientos demasiado escasos e ineficaces; las superficies que no estén expuestas ni sean accesibles no pueden tratarse; su durabilidad es limitada; son susceptibles de sufrir daños; y el tratamiento debe repetirse cada vez que sea necesario.

El papel puede impregnarse para conseguir un retardo a la incandescencia y las llamas después de eliminar la fuente de ignición. Los tratamientos ignifugantes son útiles para la protección de varias formas de papel, por ejemplo, papel de construcción, papel de envoltura,

papel para embalajes y papel decorativo.

El desarrollo de productos ignífugos ha recibido un gran apoyo por la demanda de material de revestimiento creada por hoteles, teatros, escuelas, hospitales, asilos y otros edificios que contienen altos riesgos para la vida. El papel crepé decorativo, la cartulina corrugada para adornos de escaparates, los productos textiles y los materiales para persianas pueden hacerse ignífugos durante su manufactura, siendo éste el método más fiable.

Los tratamientos ignífugos se emplean para reducir la propagación de las llamas sobre elementos estructurales de madera y acabados interiores combustibles, como planchas de madera, placas acústicas y tableros de fibras. Los tratamientos de combustión lenta se utilizan para reducir la inflamabilidad de los enseres domésticos, mobiliario y materiales decorativos, como cortinas, tapicería, papeles crepés y corrugados, árboles de navidad, plantas y follajes secos. En todas estas aplicaciones existe la posibilidad de cometer errores o engañarse respecto al grado de protección que proporcionan. Algunos de los errores más importantes se citan a continuación:

- Empleo indiscriminado de madera impregnada a presión para fines que normalmente requieren materiales incombustibles. Estas sustituciones son correctas en ciertas aplicaciones, pero ni siquiera los tratamientos más eficaces pueden eliminar totalmente la posibilidad de que la madera sirva de alimento al fuego y produzca humo.
- Empleo de materiales tratados con impregnación a presión o por recubrimiento en lugares donde quedan expuestos a la intemperie o condiciones de alta humedad
- Intentos de tratar las telas de fibras sintéticas más modernas con soluciones ignífugas de sales hidrosolubles comunes. Estas soluciones son efectivas solamente sobre fibras celulósicas, como el algodón y el rayón, y sobre fibras animales comunes, como la lana y seda. No son eficaces para el tratamiento del nylon, de acetato, del Acrilán ni de ninguno de los productos sintéticos similares que tanto se emplean actualmente.
- Venta de soluciones ignífugas en pequeños recipientes de aerosol para empleo doméstico. Esta práctica es objeto de muchos abusos. Las etiquetas de los envases carecen frecuentemente de indicaciones respecto a las limitaciones del producto y las instrucciones para su adecuada aplicación son insuficientes. Muy a menudo la publicidad de estos productos contiene afirmaciones exageradas respecto a su utilidad, dando la impresión de que el contenido de un envase puede convertir a prueba de llamas prácticamente cualquier objeto casero

Empleo de soluciones de sales hidrosolubles ordinarias para el tratamiento de materiales no absorbentes. El tratamiento eficaz de los materiales sólo puede lograrse recubriendo la superficie con espesor suficiente, lo que requiere que la solución que se aplique sea de gruesa consistencia, como una pintura o jarabe.

3.4 Comportamiento del fuego en espacios confinados. (ref. 27)

Dentro de estructuras cerradas o confinadas hay ciertos fenómenos especiales frente al fuego. Los bomberos tienen que entrenarse a fondo y conocer estos fenómenos para evitar sufrir daños producto de alguno de ellos. Algunos de estos fenómenos son:

- a. **Formación de la capa de techo:** Se denomina de esta manera a la acumulación de gases calientes, que por acción del fuego y dentro de un ambiente cerrado, tienden a acumularse en las partes altas del recinto. De esta manera los gases más calientes se desplazan por el interior de los edificios hacia sus techos y una vez acumulada cierta cantidad, tiende a escapar. Los bomberos utilizan el sistema de ventilación para extraer esta capa de gases y humo que se encuentra dentro de los edificios incendiados.
- b. **Backdraft:** Llamado también explosión de gases de humo, es una situación que puede ocurrir cuando un fuego necesita oxígeno; por lo cual la combustión cesa pero sigue habiendo producción de gases y humo combustible con temperaturas altas. Si el oxígeno se reintroduce, por ejemplo abriendo una puerta en un cuarto cerrado, la combustión puede recomenzar dando por resultado un efecto contraproducente dado que los gases aumentan su volumen súbitamente y por lo tanto empiezan a arder todos los materiales del recinto de forma violenta. La táctica más común usada en la desactivación de un backdraft potencial es ventilar desde el punto más alto, permitiendo que el calor y el humo se escapen sin encenderse de manera repentina.
- c. **Flashover:** También llamado Combustión Súbita Generalizada, es la transición de un incendio, de su fase de desarrollo a la fase de incendio totalmente desarrollado, en la cual la liberación de energía térmica es la máxima posible, en función del combustible que se ve implicado en el mismo. Es una combustión que afecta a todo un recinto cerrado en el que todos los materiales que se encuentran en el mismo se ven implicados en el incendio, entrando en combustión de forma súbita y casi simultánea. Este fenómeno se produce en incendios que cuentan con un suficiente aporte de oxígeno para que el combustible pueda asociarse de forma con el comburente. A modo comparativo, el flashover se produce en incendios suficientemente ventilados, mientras que el backdraft es un fenómeno asociado a incendios con deficiencia de ventilación.
- d. **Flameover:** Este es otro fenómeno físico-químico del fuego. Es una propagación que ocurre a gran velocidad a través de los techos y las paredes (que contienen elementos combustibles). Las llamas, en su faz de fuego, corren y se propagan por los planos altos canalizadas por techos y paredes. Por contacto con estas superficies, las van calentando en un proceso pirolítico rápido, donde se da este proceso. Primero se desprenden gases de combustión (vapor de agua y dióxido de carbono, etc.) hasta transformarse en llamas al alcanzar su punto de autoignición a lo largo de toda la superficie. Estas llamas a su vez transmiten calor por radiación a todas las superficies planas que se encuentren por debajo de la propagación (muebles, personas, suelos) siguiendo el mismo proceso de transformación química y de propagación súbita. El flashover es la etapa final de propagación súbita, generando una combustión colectiva y casi al mismo tiempo de los elementos en un espacio confinado.

3.5 Incendio.

Un incendio es una ocurrencia de fuego no controlada que puede ser extremadamente peligrosa para los seres vivos y el edificio. La exposición a un incendio puede producir para el ser humano la muerte, generalmente por inhalación de humo o por desvanecimiento producido por ella y posteriormente quemaduras graves. Provoca pérdidas materiales y detención de las actividades.

Los incendios en los edificios pueden empezar con fallos en las instalaciones eléctricas o de combustión, como las calderas, escapes de combustible, accidentes en la cocina, niños jugando con mecheros o cerillas, o accidentes que implican otras fuentes de fuego, como velas y cigarrillos. El fuego puede propagarse rápidamente a otras estructuras, especialmente aquellas en las que no se cumplen las normas básicas de seguridad.

Una pregunta surge ante esto: ¿habrá algún medio de eliminar este problema? La respuesta es que probablemente nunca pueda eliminarse totalmente, pero sí reducirlo notablemente en dimensiones, mediante acciones adecuadas de incrementar la protección pasiva y activa, en los edificios.

Uno de los países pioneros que comenzó a aplicar este tipo de políticas fue EE.UU. cuyos resultados se pueden apreciar en la tabla siguiente.

Tabla 3.2: Cuadro comparativo del número de incendios en edificios junto con sus pérdidas humanas y materiales en EE.UU. luego de implantar políticas de protección ante el fuego.

Año	N.º de incendios en edificios	Heridos	Muertos	Pérdidas en miles de millones (dólares de 1984)
1966	970.800	—	10.100	5,9
1977	1.098.000	23.310	6.505	6,7
1980	1.065.000	24.725	5.675	5,5
1984	848.000	23.025	4.525	5,9

La reducción es notable si se tiene en cuenta el incremento de población del 22% en el período 1966-1984.

3.6 Protección contra incendios. (ref. 21 y 37)

Se llama protección contra incendios al conjunto de medidas que se disponen en los edificios para protegerlos contra la acción del fuego. Generalmente, con ellas se trata de conseguir tres fines:

- Salvar vidas humanas.
- Minimizar las pérdidas económicas producidas por el fuego.
- Conseguir que las actividades del edificio puedan reanudarse en el plazo de tiempo más corto posible.

La salvación de vidas humanas suele ser el fin primordial de las normativas de los diversos estados y los otros dos los imponen las compañías de seguros rebajando las pólizas cuanto más apropiados sean los medios. Las medidas fundamentales contra incendios pueden clasificarse en dos tipos:

- Medidas pasivas: Se trata de las medidas que afectan al proyecto o a la construcción del edificio, en primer lugar facilitando la evacuación de los usuarios presentes en caso de incendio y en segundo lugar retardando y confinando la acción del fuego para que no se extienda muy deprisa o se pare antes de invadir otras zonas.
- Medidas activas: Consiste en un conjunto de sistemas que, conectados a sensores o dispositivos de detección, entran manual o automáticamente en funcionamiento frente a determinados rangos de partículas y temperatura del aire, descargando agentes extintores de fuegos tales como agua, gases, espumas o polvos químicos.

3.6.1 Medidas pasivas.

Para conseguir una fácil y rápida evacuación de los ocupantes del edificio, las diversas normativas determinan el ancho de los pasillos, escaleras y puertas de evacuación, las distancias máximas a recorrer hasta llegar a un lugar seguro, así como disposiciones constructivas (apertura de las puertas en el sentido de la evacuación, escaleras con pasamanos, entre otras). Para algunas normativas también se establecen recorridos de evacuación protegidos (pasillos y escaleras), de modo que no solamente tienen paredes, suelo y techo resistentes a la acción del fuego, sino que están decorados con materiales incombustibles.

Ejemplo de lo anterior, la normativa española estipula que para retardar el avance del fuego, se divide el edificio en sectores de incendio de determinados tamaños, sectores limitados por paredes, techo y suelo de una cierta resistencia al fuego. En la evacuación, pasar de un sector a otro, es llegar a un lugar más seguro.

3.6.2 Medidas activas.

Se dividen en varios tipos:

- Detección: Mediante detectores automáticos (de humos, de llamas o de calor, según las materias contenidas en el local) o manuales (timbres que cualquiera puede pulsar si ve un conato de incendio).
- Alerta y Señalización: Se da aviso a los ocupantes mediante timbres o megafonía y se señalan con letreros en color verde (a veces luminosos) las vías de evacuación.

- Extinción: Mediante agentes extintores (agua, polvo, espuma, nieve carbónica), contenidos en extintores o conducidos por tuberías que los llevan hasta unos dispositivos (bocas de incendio, rociadores) que pueden funcionar manual o automáticamente.

3.6.3 Normativa.

En cada país suelen existir normas que regulan las disposiciones de protección, tanto activas como pasivas. A veces, los gobiernos locales, promulgan normas adicionales que adaptan la normativa nacional a las particularidades de su zona.

En Chile se aplica el capítulo 3 del título 4 de la Ordenanza de General e Urbanismo y Construcciones (OGUC) que trata de las condiciones de seguridad contra incendios. En España se aplicaba la Norma Básica de la Edificación-Condiciones de Protección de Incendios, en su última revisión de 1996 NBE-CPI-96 que afecta a viviendas y locales de pública concurrencia..

El capítulo 7 de este trabajo de título ahonda sobre la normativa nacional y extranjera, enfocado principalmente a las exigencias relacionadas con la resistencia al fuego de los elementos de construcción de las viviendas y los materiales que lo revisten.

3.7 Ejemplos de incendios más graves de la historia.

3.7.1 Incendio de Roma, 64. (ref. 32)

Según Tácito, el gran Incendio de Roma comenzó en la noche del 19 de julio en el año 64, entre las tiendas amontonadas alrededor del Circo Máximo. Muchos romanos vivían en casas de madera sin albañilería, el fuego se expandió rápidamente en estas áreas. El fuego fue contenido después de cinco días de arder con fuerza. Suetonio declara que el fuego ardió durante seis días y siete noches en total. El fuego destruyó totalmente cuatro de catorce distritos romanos y dañó seriamente siete. También fueron destruidos el palacio de Nerón, el templo de la estatua de Júpiter y el hogar en el templo de Vesta.



Figura 3.1: El gran incendio de Roma. Ilustración de Foxe's Book of Martyrs.

3.7.2 Incendio de Londres, 1666. (ref. 33)

El Gran Incendio de Londres fue un magno incendio que arrasó la ciudad de Londres, Inglaterra desde el domingo 2 de septiembre hasta el miércoles 5 de septiembre de 1666. El fuego destruyó la ciudad medieval de Londres dentro de la vieja muralla romana de la ciudad. Amenazó, pero no llegó, al distrito aristocrático de Westminster, el Palacio de Whitehall de Carlos II, y la mayoría de los asentamientos suburbanos.

Fue una de las mayores calamidades de la historia de Londres. Destruyó 13.200 casas, 87 iglesias parroquiales, 44 salones de la Livery Company, la Royal Exchange, la casa de aduanas, la Catedral de St Paul, el ayuntamiento de Londres, el palacio correccional y otras prisiones de la ciudad, cuatro puentes sobre los ríos Támesis y Fleet, y tres puertas de la ciudad. Dejó a unas 80.000 personas sin hogar, un sexto de los habitantes de la ciudad en ese momento. La cifra de muertes por el incendio es desconocida, y se pensaba que había sido bastante pequeña porque solo algunas muertes fueron registradas. Este razonamiento ha sido desafiado recientemente considerando que las muertes de pobres y de personas de clase media no fueron registradas, y que el calor pudo haber incinerado a muchas víctimas sin dejar restos reconocibles.



Figura 3.2: Detalle de una pintura de 1666 del Gran Incendio de Londres de un artista desconocido, representando el incendio como pudo haber sido observado en la tarde del martes 4 de setiembre.

3.7.3 Chile, incendio de la Iglesia de la Compañía, 1863. (ref. 34)

El incendio de la Iglesia de la Compañía fue el incendio más grande que ha afectado a la ciudad de Santiago, capital de Chile. Miles de personas fallecieron dentro de la céntrica iglesia, el martes 8 de diciembre de 1863, y por su magnitud es considerado uno de los peores incendios de la historia moderna.

La iglesia de la Compañía de Jesús estaba ubicada una cuadra al poniente de la Plaza de Armas de Santiago, en la esquina de las actuales calles Compañía y Bandera. El martes 8 de diciembre de 1863 se celebraba la misa en conmemoración de la Inmaculada Concepción con la que se daba por finalizada la celebración del mes de María, uno de las festividades religiosas más populares del catolicismo chileno.

Siendo ya el atardecer, el santuario estaba iluminado por cientos de lámparas de hidrógeno, parafina y aceites y adornado con cortinajes. Uno de estas lámparas habría fallado, encendiendo el fuego que se extendió velozmente. Las primeras llamas provocaron gran pánico entre los fieles (principalmente mujeres y niños), los cuales se precipitaron a las salidas. Ésto provocó un tumulto que bloqueó las salidas impidiendo la huida de las personas, que fallecerían calcinadas por las llamas, sofocadas por el humo o aplastadas por la multitud.

En primera instancia, luego de sofocado el fuego, se calculó que la cantidad de muertos producto de esta tragedia ascendía a 600, pero a medida que pasaban las horas y comenzadas las labores de rescate de los cuerpos se aclara que el número superaría los 1.800.

"En los umbrales mismos han perecido centenares de personas, quemadas a la vista de un pueblo inmenso a que dirijían sus brazos en ademán suplicante i que en esos momentos era impotente para salvarlas" (el Ferrocarril, diciembre 10, 1863).

En menos de quince minutos, la iglesia quedó completamente en ruinas y el retiro de los 2.000 cadáveres tardó cerca de diez días. El número de víctimas fue abrumador para una ciudad que tenía aproximadamente 100.000 habitantes. Debido a la imposibilidad de reconocer a los fallecidos, debieron ser sepultados en una fosa común.



Figura 3.3: Acuarela que retrata el incendio de la Iglesia de la Compañía.

La terrible tragedia motivó al ciudadano José Luis Claro y Cruz, quien había participado en el rescate, a fundar el primer Cuerpo de Bomberos de Santiago mediante un llamado público, el cual fue respondido masivamente. El 20 de diciembre del mismo año se fundó dicha organización.

Por demanda popular, los muros de la Iglesia que soportaron las llamas fueron demolidos y en su lugar se plantó un jardín con un monumento en recuerdo de las víctimas. Posteriormente, el monumento fue trasladado al Cementerio General de Santiago al construirse el Palacio de los Tribunales de Justicia.

3.7.4 Colombia, incendio de Manizales, 1925 y 1926. (ref. 35)

El escenario es destruido por el fuego. Los incendios de 1925 y 1926 convirtieron la ciudad en cenizas, escindieron su historia en un antes y un después. El primero devastó 23 manzanas de 254 y 216 edificios, entre ellos el Palacio de Gobierno, el obispal, los bancos de Londres, del Ruiz, Mercantil y de Caldas y numerosas casas. El segundo quemó totalmente la catedral (de la que hoy queda como réplica la iglesia de Chipre) y 21 edificios.

Según las crónicas, no hubo pérdida de vidas humanas, pero sí una población entera sin techo de la noche a la mañana, y consciente de su impotencia ante la catástrofe, removida en su confianza en el progreso. La ciudad no contaba con un acueducto de presión suficiente para combatir las llamas, tampoco tenía cuerpo de bomberos ni maquinaria que amortiguara su voracidad. Las pérdidas materiales fueron avaluadas en doce millones de pesos oro, suma astronómica para la temprana fecha de 1926. A falta de agua, había dinamita. Por lo tanto la única manera para contener el incendio fue hacer a su alrededor una zona de contención, destruyendo con explosivos los edificios que pudieran caer víctimas de las llamas.



Figura 3.4: Ruinas de las casas aledañas a la plaza Bolívar después del incendio de 1925. Propiedad de Alicia Vélez de Vélez.

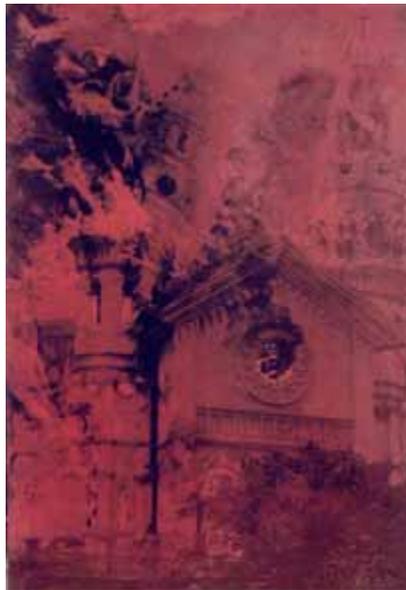


Figura 3.5: Torres de la antigua catedral de madera mientras se derrumbaban en el incendio del 25. La fotografía es propiedad de Alicia Vélez Sáenz.

3.7.5 Paraguay, incendio del supermercado Ycuá Bolaños, 2004. (ref. 36)

El incendio del supermercado Ycuá Bolaños fue una de las más grandes tragedias sucedidas en Asunción, Paraguay. El domingo 1 de agosto de 2004 se produjeron dos grandes explosiones al interior del recinto comercial que albergaba, entre varias cosas, el supermercado, un estacionamiento para vehículos, oficinas comerciales y un restaurante. En las cocinas de este último lugar hubo una explosión que provocó un gigantesco incendio.

Según informes policiales, al momento de producirse el accidente, los guardias de seguridad cerraron las puertas del recinto para evitar que las personas, que colmaban el centro comercial, escaparan con bienes que no hubieran pagado. Como resultado 396 personas murieron (la mitad de ellas niños) y dejando a más de 500 con heridas de diversa consideración, incluyendo a 56 personas con quemaduras de tercer grado.



Figura 3.6: El supermercado Ycuá Bolaños, en el centro de Asunción, Paraguay.

El juicio seguido contra el dueño de la cadena Juan Pío Paiva, su hijo Víctor Daniel Paiva y al guardia Daniel Areco, que duró más de cuatro meses, culminó en primera instancia el martes 5 de diciembre de 2006, cuando el tribunal, con los votos de dos de sus tres jueces, los condenó como responsables de "homicidio culposo" con una pena de 5 años de prisión, en vez de los 25 años que solicitaban los querellantes y la fiscalía como autores del delito de "homicidio doloso agravado". Esta decisión provocó graves incidentes en la capital de Paraguay, al considerarse que las penas eran muy bajas. Mientras el último juez leía los fundamentos de su decisión, las víctimas saltaron de sus asientos y tiraron las sillas contra los jueces, viéndose interrumpida la lectura de la sentencia. Este hecho ha sido argumentado por los querellantes para sostener que en este juicio no hubo sentencia, puesto que no se leyó completamente la decisión de los jueces y el proceso quedó interrumpido antes de su conclusión.

3.7.6 Chile, incendio del Edificio Diego Portales, 2006. (ref. 29)

El Edificio Diego Portales está ubicado entre la Avenida Bernardo O'Higgins por el sur y la calle Villavicencio por el norte; José Victorino Lastarria por el poniente y calle Namur por el oriente. El conjunto está conformado por dos estructuras: una torre de 23 pisos (en la actualidad ocupado por el Ministerio de Defensa) y la placa de convenciones con dos niveles y subterráneo.

El incendio se produjo el domingo 5 de marzo iniciándose en la esquina nororiente de la placa, cuando algunas personas realizaban trabajos de reparación en el subterráneo. El incendio no cobró víctimas personales dado que la cantidad de personas que se encontraba en el complejo era muy poca (alrededor de 60 personas en el ala opuesta), sin embargo, las pérdidas materiales fueron cuantiosas.

La magnitud de este incendio puso en peligro a los animales del Zoológico del Parque Metropolitano de Santiago, ubicado en el Cerro San Cristóbal ya que la enorme masa de humo, se trasladó hacia el nororiente de la capital. Este humo compuesto básicamente por la combustión de butacas, alfombras y decorados del Salón de Plenarios y del Salón Blanco, impidió el buen trabajo de bomberos debido a su alta toxicidad y opacidad.

Finalmente, el ala oriente de la estructura, compuesta principalmente de acero, colapsó a eso de las 17:15hrs. Esto es, producto del mal comportamiento al fuego del acero cuando no está protegido como corresponde. Lamentablemente, este edificio no contaba con una adecuada protección ante el fuego.

Si se hubiera diseñado de forma adecuada y, se hubiera puesto hincapié a la mantención del mismo, el daño efectivamente hubiera sido menor, al menos, para evitar el colapso parcial de la estructura.



Figura 3.7: Fotografías del incendio del Edificio Diego Portales

CAPÍTULO IV ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN Y SU RESISTENCIA AL FUEGO. (ref. 8, 22 y 26)

La resistencia al fuego se define como la cualidad que tienen los elementos de construcción de soportar las condiciones de un incendio estándar, sin deterioro importante de su capacidad funcional. Esta cualidad se mide por el tiempo en minutos durante el cual el elemento conserva la estabilidad mecánica, la estanqueidad a las llamas, el aislamiento térmico y la no emisión de gases inflamables.

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) vigente en el país, en su capítulo 3, establece que todo edificio deberá cumplir con normas mínimas de seguridad contra incendio, con el objeto de disminuir el riesgo de ocurrencia de incendios, de evitar la propagación del fuego, de facilitar el desalojo de los ocupantes y facilitar la extinción de los siniestros cuando estos ocurran. Para tales efectos, en dicha Ordenanza se clasifican las diferentes edificaciones según el destino del edificio (uso que se le da a la edificación, ya sea habitacional, oficinas, bibliotecas, docente, bodega, industrial, etc.), la superficie edificada, el número de pisos, cantidad máxima de ocupantes y densidad de carga combustible (media y puntual máxima).

Sobre la base de esta clasificación, se establecen exigencias de resistencia al fuego, expresadas en un índice de clasificación para cada parte del edificio. Es así como se requiere que muros cortafuego, muros divisorios entre unidades (hasta la cubierta), escaleras, elementos soportantes horizontales, etc. cumplan con ciertos grados de resistencia al fuego.

La determinación del comportamiento de una solución constructiva frente al fuego se ensaya empíricamente en laboratorios especializados, aplicando para ello la norma de ensaye NCh 935/1 Of. 97 y NCh 935/2 Of. 84. La clasificación que se obtiene en estos ensayos corresponde a lo siguiente:

Clase F - 0	≥ 0 minutos y	< 15 minutos
Clase F - 30	≥ 15 minutos y	< 30 minutos
Clase F - 30	≥ 30 minutos y	< 60 minutos
Clase F - 60	≥ 60 minutos y	< 90 minutos
Clase F - 90	≥ 90 minutos y	< 120 minutos
Clase F - 120	≥ 120 minutos y	< 150 minutos
Clase F - 150	≥ 150 minutos y	< 180 minutos
Clase F - 180	≥ 180 minutos y	< 240 minutos
Clase F - 240	≥ 240 minutos	

Un estudio más prolijo de las normas antes citadas, así como del estudio de la normativa nacional y extranjera se puede encontrar en el capítulo 7 del presente trabajo de título.

Este capítulo se subdivide en elementos de construcción verticales, horizontales e inclinados. Se entrega su descripción, su resistencia al fuego y la empresa que realizó tal ensayo. Por supuesto, la cantidad de ensayos que existen para cada empresa, son demasiados para adjuntarlos en este trabajo, por lo tanto sólo se publican los más representativos.

4.1 Elementos verticales. (ref. 26)

La recopilación de información que se enseña a continuación está tomada de la última publicación del “*Listado oficial de comportamiento al fuego de elementos y componentes de la construcción*” del año 2004. Como el fin de este trabajo no es entregar una copia fiel a dicho listado, lo siguiente corresponde a una recopilación de los elementos de construcción más representativos cuyos ensayos de resistencia al fuego fueron desarrollados bajo la supervisión del IDIEM y su vigencia es al menos hasta el 31.12.2008¹.

4.1.1 Elementos verticales tradicionales.

Tabla 4.1: “Resistencia al fuego de elementos verticales tradicionales”

Elemento	Revestimiento	Espesor [mm]	RF
Muro de albañilería de adobe	Sin revestimiento	200	F – 90
		250	F – 120
		300	F – 150
		350	F – 180
	Estuco o enlucido por ambas caras	200	F – 120
		250	F – 150
		300	F – 180
		350	F – 210
Muro de albañilería de piedra	Todo tipo	300 o más	F – 180
Pilares aislados de madera	Sin revestimiento	45	F – 15
		90	F – 30
		160	F – 60
Paneles de madera macizos (las piezas se encuentran unidas entre sí mediante machihembrados, lengüetas o adhesivos)	Sin revestimiento	20	F – 15
		45	F – 30
		90	F – 60
		140	F – 90
		190	F – 120
Elementos estructurales verticales de acero, cubiertos con revestimiento de placa.	Fibra yeso	8	F – 15
		12	F – 30
		15	F – 30
		18	F – 30
		20	F – 60
		25	F – 60
		30	F – 90
		40	F – 120
		50	F – 120
	Madera aglomerada	15	F – 15
		18	F – 15
		20	F – 15
		25	F – 15
		30	F – 30
		40	F – 30
50	F – 30		

¹ La vigencia que se les dan a los ensayos oscila entre 4 y 6 años.

Tabla 4.1: “Resistencia al fuego de elementos verticales tradicionales” (continuación)

Elemento	Revestimiento	Espesor [mm]	RF
Elementos estructurales verticales de acero, cubiertos con revestimiento de placa.	Viruta de madera mineralizada con cemento, estucada o enlucida con 6 mm de espesor	8	F – 15
		12	F – 30
		15	F – 30
		18	F – 60
		20	F – 60
		25	F – 90
		30	F – 90
		40	F – 120
		50	F – 120
Elementos estructurales de acero, horizontales y verticales cubiertos con revestimiento de hormigón o mortero proyectado sobre malla de acero, soldada al elemento estructural.	Hormigón fino de cemento	20	F – 0
		25	F – 30
		30	F – 30
		35	F – 60
		40	F – 60
		50	F – 120
		60 o más	F – 120
	Mortero de yeso o cemento	20	F – 0
		25	F – 30
		30	F – 30
		35	F – 60
		40	F – 60
		50	F – 120
		60 o más	F – 120
	Mortero de yeso bermiculita o perlita	20	F – 0
		25	F – 30
		30	F – 30
		35	F – 60
		40	F – 60
		50	F – 60
		60 o más	F – 120

Este trabajo separa los elementos de construcción verticales en elementos verticales tradicionales (tabla 4.1) y elementos verticales de marca. Para este último caso los elementos que se adjuntan están subdivididos en el tipo de elemento estructural (ya sea muro o tabique perimetral, puerta, ventana y pilar) y a su vez, éstos últimos están clasificados de acuerdo a su resistencia al fuego.

4.1.2 Elementos verticales tradicionales de marca.

Como se puede observar en la tabla anterior (4.1) y en los elementos estructurales verticales que se presentan en el anexo D.1, la protección al fuego de los elementos constructivos tradicionales como la albañilería y el hormigón, es fácilmente alcanzable pero, es más complicado en la tabiquería de madera y acero pues dependen de materiales de revestimiento que brinden una mejor resistencia al fuego.

4.1.3 Muro/tabique divisorios y/o perimetrales. (ref. 22)

a) Muro/tabique divisorio y/o perimetrales con resistencia al fuego F - 15

Cada una de las empresas ligadas a la construcción de tabiquería ha desarrollado una gama de alternativas y soluciones constructivas dependiendo de la calidad, espesor y variedad de materiales para obtener una cierta resistencia al fuego como se puede observar en la Figura 4.1. Así por ejemplo hay empresas que simplemente aumentan el material de revestimiento que muchas veces suele ser yeso-cartón o fibrocemento, otra alternativa es cambiar el material de relleno, aumentar el área de la sección transversal de los pies derechos, etc. para conseguir la resistencia al fuego deseada. Así entonces, las alternativas y configuraciones de materiales pueden ser son muchas y así lo demuestran los siguientes elementos constructivos destacados a partir del listado oficial de comportamiento al fuego.

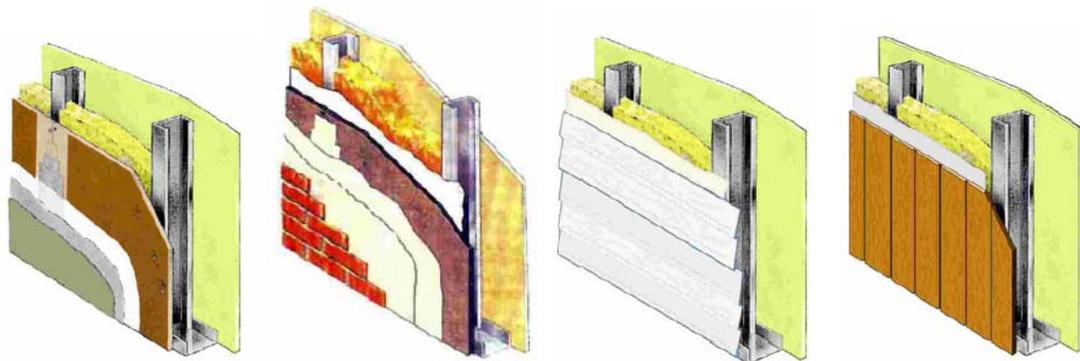


Figura 4.1: Ejemplo de de configuración de paneles resistentes al fuego.

Elemento	:	Gyplac A - 60 mm / F - 15
Descripción	:	Elemento de construcción destinado a uso como muro divisorio de edificios, formado por una estructura metálica. Consta de cinco montantes verticales (pie-derechos), en perfiles de acero galvanizado tipo C, de 38 x 38 x 7 x 0,5 mm, distanciados entre ejes cada 0,55 m aproximadamente, y de dos soleras (inferior y superior) de 40 x 20 x 0,5 mm. Esta estructuración está forrada por ambas caras con planchas de yeso-cartón Gyplac de Romeral, de 10 mm de espesor cada una. Las planchas están atornilladas a la estructura de acero . Tal configuración deja espacios libres en el interior del panel, los cuales están rellenos con lana mineral, cuya densidad media aparente es de 40 kg/m³ . El peso del elemento es de 101 kilogramos. Espesor total del elemento 60 mm.
Institución	:	SOCIEDAD INDUSTRIAL ROMERAL S. A.

b) Muro/tabique divisorios y/o perimetrales F – 30.

Como se puede observar, el elemento del punto a) “Gyplac A - 60 mm / F - 15” se diferencia con el elemento del punto b) “Gyplac A 65 mm / F- 30” sustancialmente en que cambian la placas de yeso-cartón desde una de 10mm de espesor a otra RF 12.5 mm, aumenta la altura del perfil metálico, y el material de relleno se mantiene prácticamente inalterable.

La dinámica es la misma para los siguientes elementos que pertenecen a la misma institución, así el elemento del punto c) “Gyplac A 80 mm / F - 60.” Aumenta la placa de yeso-cartón hasta los 15 mm de espesor en ambas caras y por ello se debe aumentar la sección transversal del perfil de acero que cumple la función de pie derecho.

Ejemplos de tipo de tabiques divisorio y/o perimetrales se pueden encontrar en el Anexo D.2, en donde se puede observar claramente como aumenta la resistencia al fuego de los tabiques en la medida que aumenta el espesor y densidad de los materiales que lo componen.

Elemento	:	Gyplac A 65 mm / F- 30
Descripción	:	Elemento de construcción destinado a uso como muro divisorio en edificios. El elemento está formado por una estructura metálica. Consta de cinco montantes verticales (pie-derechos), hechos con perfiles de acero galvanizado tipo C de 40 x 38 x 5 x 0,5 mm, distanciados entre ejes cada 0,55 m, aproximadamente y de dos soleras (inferior y superior) de 40 x 20 x 0,5 mm. Esta estructuración metálica está forrada por ambas caras con una plancha de yeso-cartón, R F “Gyplac”, de 12,5 mm de espesor , atornilladas a la estructura de acero . Tal configuración deja espacios libres en el interior del elemento, los cuales están rellenos con una colchoneta de lana mineral con papel por una de sus caras de 50 mm de espesor y densidad media aparente de 35 kg/m³ . El peso total del elemento es de 133 kilogramos. Espesor total del elemento 65 mm.
Institución	:	SOCIEDAD INDUSTRIAL ROMERAL S. A.

c) Muro/tabique divisorios y/o perimetrales F – 60.

Elemento	:	Gyplac A 80 mm / F 60.
Descripción	:	Elemento de construcción que se usa como muro divisorio en edificios, constituido por una estructura metálica. Consta de cinco montantes verticales (pie-derechos), hechos con perfiles de acero galvanizado de 40x30x10x0,8 mm, distanciados entre ejes cada 0,55 m, aproximadamente y de dos soleras (inferior y superior) de 40x30x0,8 mm. Esta estructuración está forrada por una de sus caras con una plancha de yeso-cartón “Gyplac” estándar de 15 mm de espesor . La otra cara está forrada con una doble plancha Gyplac estándar de 10 mm y 15 mm de espesor respectivamente. Todo el conjunto está unido por medio de tornillos. Tal configuración deja espacios libres en el interior del panel, los cuales están rellenos con lana minera, colchoneta libre, cuyo espesor es de 40 mm y densidad media aparente de 40 kg/m³ El peso total del elemento es de 194 kilogramos. Espesor total del elemento: 80 mm.
Institución	:	SOCIEDAD INDUSTRIAL ROMERAL S. A.

4.1.4 Paneles mixtos o asimilables a F – 15. (ref. 22)

Panel con piezas estructurales de madera en las que, el lado menor es igual o superior a 45 mm y cuya otra dimensión de la sección (perpendicular al panel) es igual o superior a 70 mm, con revestimiento resistente al fuego por ambas caras, comprendido entre las alternativas que se indican a continuación y, con un espesor total del panel no inferior a 79 mm.

Es importante destacar que en la lista siguiente la letra es la alternativa de revestimiento interior o la que está más expuesta al fuego; mientras que los números son las diversas alternativas de revestimiento exterior o a la intemperie.

a) Madera aglomerada, espesor 10 mm, y

1. Fibro-cemento superboard, - sin asbesto - espesor 4 mm;
2. Fierro galvanizado liso o acanalado de 0,5 mm de espesor sobre superficie continua, de espesor 4 mm;
3. Madera contrachapada para exterior, espesor 6 mm;
4. Entablado machihembrado, espesor 16 mm;
5. Entablado tinglado machihembrado, espesor 16 mm;
6. Entablado tinglado, espesor 16 mm sobre superficie continua de espesor 4 mm;
7. Madera aglomerada para exterior, espesor 6 mm;
8. Polivinyl chloride PVC (ASTM D 3679), espesor 2 mm sobre superficie continua de espesor 4 mm; y
9. Madera prensada extradura, espesor 4,8 mm.

b) Madera aglomerada, espesor 8 mm, y

1. Fibro-cemento superboard, - sin asbesto - espesor 6 mm;
2. Fierro galvanizado liso o acanalado de 0,5 mm de espesor sobre superficie continua, de espesor 5 mm;
3. Madera contrachapada para exterior, espesor 9 mm;
4. Entablado machihembrado, espesor 22 mm;
5. Entablado tinglado machihembrado, 22 mm;
6. Entablado tinglado, espesor 22 mm sobre superficie continua de espesor 5 mm;
7. Madera aglomerada para exterior, espesor 10 mm;
8. Polivinyl chloride PVC (ASTM D 3679), espesor 2 mm sobre superficie continua de espesor 5 mm; y
9. Madera prensada extradura, espesor 6 mm.

c) Madera prensada, espesor 6 mm, y

1. Fibro-cemento superboard, - sin asbesto - espesor 6 mm;
2. Fierro galvanizado liso o acanalado de 0,5 mm de espesor sobre superficie continua, de espesor 4 mm;
3. Madera contrachapada para exterior, espesor 6 mm;
4. Entablado machihembrado, espesor 16 mm;
5. Entablado tinglado machihembrado, 16 mm;
6. Entablado tinglado, espesor 16 mm sobre superficie continua de espesor 4 mm;

7. Madera aglomerada para exterior, espesor 10 mm;
8. Polivinyl chloride PVC (ASTM D 3679), espesor 2 mm sobre superficie continua de espesor 4 mm; y
9. Madera prensada extradura, espesor 4,8 mm.

d) Madera prensada, espesor 4,8 mm, y

1. Fibro-cemento superboard, - sin asbesto - espesor 8 mm;
2. Fierro galvanizado liso o acanalado de 0,5 mm de espesor sobre superficie continua, de espesor 5 mm;
3. Madera contrachapada para exterior, espesor 9 mm;
4. Entablado machihembrado, espesor 22 mm;
5. Entablado tinglado machihembrado, 22 mm;
6. Entablado tinglado, espesor 22 mm sobre superficie continua de espesor 5 mm;
7. Madera aglomerada para exterior, espesor 12 mm;
8. Polivinyl chloride PVC (ASTM D 3679), espesor 2 mm sobre superficie continua de espesor 5 mm; y
9. Madera prensada extradura, espesor 6 mm.

e) Entablado machihembrado, espesor 22 mm, y

1. Fibro-cemento superboard, - sin asbesto - espesor 4 mm;
2. Fierro galvanizado liso o acanalado de 0,4 mm de espesor sobre superficie continua, de espesor 4 mm;
3. Madera contrachapada para exterior, espesor 6 mm;
4. Entablado machihembrado, espesor 16 mm;
5. Entablado tinglado machihembrado, 16 mm;
6. Entablado tinglado, espesor 16 mm sobre superficie continua de espesor 4 mm;
7. Madera aglomerada para exterior, espesor 10 mm;
8. Polivinyl chloride PVC (ASTM D 3679), espesor 2 mm sobre superficie continua de espesor 5 mm; y
9. Madera prensada extradura, espesor 4,8 mm.

f) Entablado machihembrado, espesor 16 mm, y

1. Fibro-cemento superboard, - sin asbesto - espesor 6 mm;
2. Fierro galvanizado liso o acanalado de 0,5 mm de espesor sobre superficie continua, de espesor 5 mm;
3. Madera contrachapada para exterior, 9mm;
4. Entablado machihembrado, espesor 22 mm;
5. Entablado tinglado machihembrado, 22 mm;
6. Entablado tinglado, espesor 22 mm sobre superficie continua de espesor 4 mm;
7. Madera aglomerada para exterior, espesor 16 mm;
8. Polivinyl chloride PVC (ASTM D 3679), espesor 2 mm sobre superficie continua de espesor 6 mm; y
9. Madera prensada extradura, espesor 6 mm.

g) Madera contrachapada, espesor 8 mm, y

1. Fibro-cemento superboard, - sin asbesto - 4 mm;
2. Fierro galvanizado liso o acanalado de 0,4 mm de espesor sobre superficie continua, de espesor 4 mm;
3. Madera contrachapada para exterior, 6mm;
4. Entablado machihembrado, espesor 16 mm;
5. Entablado tinglado machihembrado, 16 mm;
6. Entablado tinglado, espesor 16 mm sobre superficie continua de espesor 5 mm;
7. Madera aglomerada para exterior, espesor 16 mm;
8. Polivinyl chloride PVC (ASTM D 3679), espesor 2 mm sobre superficie continua de espesor 5 mm; y
9. Madera prensada extradura, espesor 4,8 mm.

h) Madera contrachapada, espesor 6 mm, y

1. Fibro-cemento superboard, - sin asbesto - 6 mm;
2. Fierro galvanizado liso o acanalado de 0,5 mm de espesor sobre superficie continua, de espesor 5 mm;
3. Madera contrachapada para exterior, 9mm;
4. Entablado machihembrado, espesor 22 mm;
5. Entablado tinglado machihembrado, 22 mm;
6. Entablado tinglado, espesor 22 mm sobre superficie continua de 4 mm;
7. Madera aglomerada para exterior, espesor 22 mm;
8. Polivinyl chloride PVC (ASTM D 3679), espesor 2 mm sobre superficie continua de espesor 6 mm; y
9. Madera prensada extradura, espesor 6 mm.

i) Entablado tinglado machihembrado, espesor 22 mm, y

1. Fibro-cemento superboard, - sin asbesto - 4 mm;
2. Fierro galvanizado liso o acanalado de 0,5 mm de espesor sobre superficie continua, de espesor 4 mm;
3. Madera contrachapada para exterior, 6mm;
4. Entablado machihembrado, espesor 16 mm;
5. Entablado tinglado machihembrado, 16 mm;
6. Entablado tinglado, espesor 16 mm sobre superficie continua de 5 mm;
7. Madera aglomerada para exterior, espesor 16 mm;
8. Polivinyl chloride PVC (ASTM D 3679), espesor 2 mm sobre superficie continua de espesor 5 mm; y
9. Madera prensada extradura, espesor 4,8 mm.

j) Entablado tinglado machihembrado, espesor 16 mm, y

1. Fibro-cemento superboard, - sin asbesto - 6 mm;
2. Fierro galvanizado liso o acanalado de 0,5 mm de espesor sobre superficie continua, de espesor 5 mm;
3. Madera contrachapada para exterior, 9mm;

4. Entablado machihembrado, espesor 22 mm;
5. Entablado tinglado machihembrado, 22 mm;
6. Entablado tinglado, espesor 22 mm sobre superficie continua de espesor 4 mm;
7. Madera aglomerada para exterior, espesor 22 mm;
8. Polivinyl chloride PVC (ASTM D 3679), espesor 2 mm sobre superficie continua de espesor 6 mm; y
9. Madera prensada extradura, espesor 6 mm.

Para el caso de los paneles estructurados con perfiles de acero, en que la sección y los espesores son determinados por cálculo estructural, debe ir revestido por su cara interior (o expuesta al fuego) por planchas de yeso-cartón estándar de 15 mm o más, o por planchas de yeso-cartón RF. de 12,5 mm o más, según dimensiones del panel o Resistencia a la cual será sometido. Por su lado exterior, revestido por las alternativas de las letras y números, ejemplos = a.1, b.2, c.3, d.4, e.5, y las restantes. Como mínimo, el espesor total del panel debe ser de 75 mm.

4.1.5 Puertas según marca. (ref. 22 y 26)

La mayoría de las puertas que se encuentran en el mercado no están debidamente clasificadas, lo más probable es que presenten una resistencia al fuego mínima o quizás alcancen a ser F-15, sin embargo, las empresas sólo hacen alusión cuando algunas de sus puertas presentan una resistencia igual o superior a F-30, esto es porque la ordenanza exige que las puertas de acceso o egreso, en todos los pisos, deben tener al menos esa clasificación.

A continuación se presentan una serie de puertas de varios estilos separadas por marca que no cuentan con ningún tipo de clasificación, y que sin embargo son las más usadas en una vivienda típica.

Elemento N°1 : Puertas de madera / American Wood
Descripción : Las puertas tienen un espesor de 42 mm, con tableros de 18 y 9 mm de espesor. Para uso Interior - Exterior y gran aislamiento acústico.
 Los tipos de puertas pueden ser pedidos con dimensiones especiales, o bien, con medidas Standard, cuyos anchos son: 70, 75, 80, 85 y 90 cm; y altos de 2.00 y 2.10 mt.
 Los modelos sólidos atablerados pueden estar compuestos de madera de **coigüe, pino y raulí**.
Institución : AMERICAN WOOD CO.

Elemento N°2 : Puertas de Madera / Olivares y Cía. Ltda.
Descripción : Puertas enchapadas con: **coigüe, lengua, mañío, olivillo, caoba, mará, haya, pino oregón, alerce, cedro, roble boliviano, encina americana o roble americano**.
 Las medidas son a pedido y puede ser enchapadas de uso interior, o bien, puertas de madera sólidas para uso exterior.
Institución : OLIVARES Y CÍA. LTDA.

Elemento N°3 : Puertas de Madera / Prieto S.A.
Descripción : Las puertas son del tipo: puerta lisa, puerta con cantería vertical u horizontal, puerta con tableros, puerta con tableros y molduras, puerta con medio cuerpo vidriado, puerta vidriada con palillaje, modelos especiales, puertas sólidas de acceso y vidriadas. Los materiales con los que están compuestas las puertas sólidas son: **raulí, cedro, mará, roble, pino oregón**. Mientras que las puertas enchapadas están compuestas de enchapes en **cedro, mará, pino oregón, mañío, roble boliviano, fresno, caoba y otros sobre plancha de MDF o trupán de 4,5 a 9 mm**. Su interior está relleno en Honey Comb o "estructura de abeja" lo cual asegura mayor estabilidad y resistencia.
 Sus dimensiones son según proyecto, variando desde el standard comercial hasta medidas especiales.
Institución : PRIETO S.A.

Elemento N°4 : Puertas y Ventanas de Madera / C.L.C

Descripción : La puerta comprende la hoja y el marco. Existen sólidas o enchapadas. También se tienen diseño en puertas con vidrio. Se diferencia entre la puerta de acceso que normalmente es de mayor tamaño con respecto a las puertas interiores.

Los tipos de puertas, con su respectivo material son los siguientes: puerta acceso, hecha con **roble boliviano**; puerta hall living, material **cedro**; puerta exterior compuesta con madera de **cedro**; portón acceso, compuesta con madera de **abeto canadiense**; puertas y ventanas, hechas de **cedro**; puerta acceso principal, también de **cedro**; y por último, puerta acceso, también compuesta con madera de cedro.

Todos estos tipos de puertas sus dimensiones pueden ser fabricadas a pedido aún cuando existen algunos diseños estándar.

Institución : C.L.C

Elemento N°5 : Puertas de Madera / Open Close

Descripción : Productos diseñados con materiales nacionales e importados. Se componen principalmente de: Bastidores de Pino Finger-Joint; Contraplacados de MDF de diferentes espesores (3mm, 4mm, 5.5mm o 9mm); Rellenos de Diferentes materialidades: Honey-Comb (cartón en forma de panal de abeja), Tablillas, Materiales para aislación acústica; Enchapes de alta calidad y finas terminaciones como: **cedro, mará clara, roble boliviano, tauari, fresno, pino oregón importado, haya rosada, encina.**

Las molduras son de acuerdo a proyectos o diseños de arquitectura, manejando ciertos diseños como estándares. La materialidad de estos puede ser tanto en maderas sólidas o enchapes. Existen puertas especiales cortafuegos que han sido sometido a ensayos de alta exigencias, obteniendo la certificación para fabricar puertas cortafuegos con resistencia al fuego en categoría F - 30, otorgado por el IDIEM.

Institución : OPEN CLOSE, Alfonso Elias Jamis e Mijos S.A

Elemento N°6: Puertas y ventanas de PVC / Hoffens S.A.

Descripción : Estas puertas de **PVC** pueden ser vidriadas en vidrio simple o termo panel, con o sin palillaje en medio cuerpo o cuerpo entero.

Las terminaciones en PVC son de color blanco, gris, celeste y beige y dimensiones a pedido. El hecho de que estén hechas a base de PVC brinda protección de rayos UV (Color inalterable), son termo acústicas (Aislan el ruido y mantienen temperatura interior), totalmente herméticas (Atareos soldados por termofusión) y libres de mantenimiento (no se oxidan).

Institución : Hoffens S.A.

Cómo se puede observar, existen todo tipo de puertas, variando tanto en su forma y calidad como los materiales que la constituyen. Así existen en el mercado nacional puertas compuestas por la más alta variedad en tipos de maderas hasta puertas de pvc, cuyas características pirógenas y térmicas para tales materiales se pueden encontrar en los dos capítulos siguientes respectivamente.

4.1.6 Puertas F – 30. (ref. 22)

Si bien es cierto, es muy difícil hallar este tipo de puertas en alguna vivienda, es posible que en algunos departamentos se encuentren a la entrada del mismo. Un ejemplo de puertas que publica el listado oficial de comportamiento al fuego es el siguiente.

Elemento	:	Puerta Cortafuego Metálica Bash F - 30
Descripción	:	Conjunto de Hoja y Marco construido con plancha de acero laminado en frío, estructurado y sellado. Relleno interiormente a base de material refractario, bisagras de buje de bronce fosfórico . El encuentro de la hoja y el marco es en doble contacto para impedir el paso de humo, gases y llamas. El cierre de puertas es importado e hidráulico con el cual se retorna la hoja a su marco cada vez que ésta se abre. La cerradura es de simple pasada, barras antipánico y manillas. La terminación es en esmalte semiliso. El espesor de la plancha es de 1,5 mm por ambas caras, fibro-cemento de 5 mm por ambas caras y la lana mineral es de 50 mm. Espesor total de la hoja es de 64 mm.
Institución	:	INDUSTRIAS METALURGICAS BASH S. A.

Otros ejemplos se pueden encontrar en el anexo D.3

4.1.7 Ventanas. (ref. 18 y 26)

Análogo al caso de las puertas, el mercado nacional ofrece una variedad infinita de ventanas cuya clasificación depende de la geometría, material del marco, color, calidad etc. Algunas ofrecen filtración de rayos UV, aislación térmica, acústica, etc. pero, evidentemente, son las pocas que ofrecen un adecuado comportamiento al fuego debido a que estos elementos fallan principalmente por estar compuestos de vidrios, el cual, si bien es cierto, es un material incombustible, su comportamiento al fuego deja mucho que desear. No obstante lo anterior, se han elaborado nuevas tecnologías en la industria del vidrio alcanzándose estabilidad a altas temperaturas (ver 4.1.8).

Por lo pronto, lo siguiente corresponde a algunas de las tantas ventanas publicadas en el catálogo de la cámara chilena de la construcción que se pueden encontrar fácilmente en el mercado nacional. Otros ejemplos se pueden encontrar en el anexo D.4

Elemento N°1	:	SISTEMA XELENTIA
Descripción	:	Es un Sistema mediano, tradicional y masivo en el mercado de los cerramientos, orientados al mercado de los edificios y la vivienda unifamiliar cuyo precio de venta fluctúa entre las 1.500 y las 4.000 UF. Permite soluciones con vidrio simple o doble vidrio. Se destaca la ventana corredera de antepecho denominada PLEXA, diseñada dentro de la gama de productos más económicos, orientada a edificios y viviendas desde las 1.200 UF. Los colores disponibles en stock son: Anodizado Mate, Anodizado Titanio, Anodizado Bronce y pintado blanco. Su marco es de aluminio
Institución	:	INDALUM S.A.

Elemento N°2 : Puertas y ventanas de PVC / Hoffens S.A.
Descripción : Las ventanas de **PVC** pueden ser de abatir, correderas, proyectantes, oscilo batientes y fijas Bow Windows, vidrio simple y termo panel con tecnología Royal Canadá.
 Las terminaciones en PVC son de color blanco, gris, celeste y beige y dimensiones a pedido. El hecho de que estén hechas a base de PVC brinda protección de rayos UV (Color inalterable), son termoacústicas (Aislan el ruido y mantienen temperatura interior), totalmente herméticas (Atareos soldados por termofusión) y libres de mantenimiento (no se oxidan).
Institución : Hoffens S.A.

Elemento N°3: KÖMMERLUX
Descripción : Orientada a viviendas sobre las UF 10.000.
 Sistema con 70 mm de profundidad. 4 cámaras para un mayor aislamiento térmico y acústico. Aloja vidrios de hasta 47 mm. de espesor. Perfiles redondeados. Colores; blanco, embero y nogal. Sus características son las siguientes:
 ■ Refuerzo de **acero**: todos los sistemas Incorporan refuerzos de **acero galvanizado**.
 ■ Diseño de desagüe: con una inclinación de 5°, el galce de tos perfiles ventekö permite la evacuación de la humedad hacia el exterior con mayor facilidad.
 ■ Fórmula Kömalit Z®: La composición molecular del **PVC** de los sistemas ventekö ha sido modificada con una fórmula propia, para hacerlo más resistente a las intensas radiaciones de zonas desérticas y a las temperaturas externas.
Institución : Ventekö

4.1.8 Vidrios. (ref. 18 y 26)

Aunque el vidrio es un material incombustible, los elementos de cristalería pueden ser reforzados con objeto de presentar mayor resistencia ante la presión de un incendio. Los industriales del vidrio, proponen gamas de productos que permiten realizar grandes superficies acristaladas, a la vez que se respeta el reglamento contra incendios.

Estas cristaleras, o más bien su conjunto (cristal + marco, como aparece en la figura siguiente), pueden permitir estabilidad mecánica y estanqueidad ante el efecto las llamas y gases calientes e inflamables, no así aislamiento térmico, por lo tanto su clasificación no pasa por determinar un valor numérico de la resistencia al fuego, sino más bien resultados cualitativos de acuerdo a las observaciones que se registraron durante el ensayo.

No obstante lo anterior, el avance de la tecnología ligada a la industria del vidrio ha permitido el desarrollo de nuevos elementos de cristalería, así por ejemplo, en cristales armados o vidrios térmicamente templados, lo cual refuerza la resistencia a la tracción del vidrio y los choques térmicos. Pueden ser cortafuegos, con un refuerzo de la estabilidad mecánica, de la estanqueidad y aislamiento térmico (la temperatura máxima de la cara opuesta al fuego no va más allá de los 140 °C), mediante cristales con interior hinchable. Los compuestos hinchables, que se colocan entre dos hojas de vidrio, forman con el efecto del calor una espuma aislante que reduce los intercambios por radiación, evitando de esta forma que se transmita el calor a través de la pared.

También existen cristales blindados que integran una reja metálica. En caso de incendio, el cristal se rompe aunque el resto se mantiene firme gracias a este armazón y permanece transparente durante todo el incendio.



Figura 4.2: Elemento vidriado.

Algunos elementos de cristalería que ofrece el mercado nacional son los siguientes:

Elemento N°1 : Pyroshield

Descripción : Está compuesto por una malla de alambre de **acero inoxidable** entre dos piezas de cristal semifundido y puede ser fabricado como Pyroshield Texture, para privacidad y oscurecimiento y Pyroshield Clear para una claridad visual, logrando 60 minutos de Integridad. Además, existe Pyroshield Safety para mayor seguridad a impactos accidentales (Puede llegar hasta los 120 minutos de integridad). Pyroshield es un cristal monolítico armado y de seguridad que provee protección al fuego manteniendo su integridad, evitando que los pedazos cortantes del cristal no se desprendan de la estructura, impidiendo así el paso de las llamas, humo y gases calientes a través de la superficie del cristal.

Su uso es útil para aplicaciones internas y externas, útil para tabiques, puertas, ventaras y ventanillas y mantiene su integridad aún cuando se quiebra o es rociado con agua. Además puede ser utilizado de manera monolítica o como componente de un Doble Vidriado Hermético.

Institución : VIDRIOS LIRQUEN S. A

Elemento N°2 : Pyrostop

Descripción : Es un cristal multilamirado compuesto **por planchas de cristal adherido a láminas de silicato de sodio transparente** con propiedades intumescentes. Ofrece integridad y completa aislación térmica, alcanzando hasta los 120 minutos en bloqueo de llamas, humo, gases calientes y calor. Está disponible en estructuras vidriadas monolíticas y también como componente de un DVH. Es adecuado para aplicaciones internas y externas. Puede ser utilizado en sistemas de vidriado en acero horizontales. Ofrece aislamiento acústica disponible en estructuras vidriadas monolíticas y también como componente de un termopanel

Institución : VIDRIOS LIRQUEN S. A

Elemento N°3 : Pyrodur

Descripción : Está Compuesto por dos o tres **planchas de cristal** adheridas perfectamente a interláminas intumescentes de silicato de sodio transparente. Pyrodur ofrece propiedades de integridad, ya que en caso de incendio el cristal se quebrara, pero los pedazos se mantienen en la estructura vidriada (alcanza una integridad de hasta 60 minutos). Puede ser usado tanto para aplicaciones internas como externas, puede ser parte de muros, tabiques, ventanas y puertas. Los niveles parciales de aislación térmica (hasta 22 minutos) facilitan La evacuación de las personas a través de puertas y accesos de escape sin pánico, ya que se mantiene transparente hasta que las temperaturas alcanzan los 120 grados y alcanza una integridad de hasta 60 minutos.

Institución : VIDRIOS LIRQUEN S. A

Un resumen de lo anterior se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.2: Ensayos de comportamiento al fuego de elementos vidriados

Tipo de cristal	Espesor	Integridad	Aislación térmica	Máxima dimensión testeada.
	[mm]	[min]	[min]	[mm x mm]
Pyrodur	10	30	-	930 x 2000
	10	41	-	750 x 1770
	10	30	-	1400 x 2000
	13	60	22	1600 x 2600
Pyrostop	15	60	30	1600 x 2200
	21	60	60	751 x 1770
	44	90	90	1400 x 2000
	50	120	120	1400 x 2000
Pyroshield claro	6	60	-	1760 x 3000
Pyroshield claro seguridad	6	120	-	1760 x 3000
Pyroshield textura	7	60	-	1760 x 3000
Pyroshield textura seguridad	7	120	-	1760 x 3000
Fuente: Catálogo de la Cámara Chilena de la Construcción, sección vidrios				

4.1.9 Persianas y cortinas. (ref. 22, 26 y 27)

Este tipo de elemento decorativo presente en las viviendas merece gran importancia ya que pueden entrar fácilmente en ignición como consecuencia de fallos eléctricos o fuegos en papeleras, etc. Este elemento hace que el calor y las llamas se desplacen rápidamente a las paredes y al techo.

Existen grandes diferencias entre los distintos materiales empleados en la confección de cortinas y persianas respecto a la producción de calor y humo y a la propagación de la ignición a los revestimientos. En países donde existe mayor normalización en cuanto a los cumplimientos que deben tener los elementos decorativos y, en particular los materiales textiles, los cortinajes de los edificios públicos están sometidos a legislación. El ensayo más extendido corresponde a la norma NFPA 701, *Métodos normalizados de ensayos de incendio para películas y productos textiles ignífugos (Standard Methods of Fire Tests for Flame Resistant Textiles and Films)*. Éste establece que aunque un solo paño de tela para cortinas pasara los requisitos de esta norma, la combinación de dos o más paños, como se ve con frecuencia en moteles (por ejemplo), puede arder violentamente. El ensayo a escala reducido de este método rechaza ciertas fibras termoplásticas que desarrollan longitudes de carbonización inaceptables.

Merece gran importancia la incorporación de cortinaje cuyo material es resistente al fuego como los que están compuestos por los siguientes materiales:

Tabla 4.3: Fibras no combustibles

Vidrio	Metálicas
Fibra Beta	Acero inoxidable
Vidrio-E	Superaleación
Cuarzo	Hebras refractarias
Residuos carbonosos	Alúmina
Boro	Zirconio
Grafito	Boro
Fuente: Manual de la NFPA	

Tabla 4.4 Fibras resistentes a la llama (FR)

Tipo de fibra	Temperatura de ignición °C	Comportamiento
PVC	500	Carbonización, se encoge a bajas temperaturas
Rayón FR	-	Carbonización
Matrix	500-600	Carbonización a 220 °C se encoge
Modacrílico 27-30	315	Carbonización, encoge a 140-180
Poliéster FR	-	Fusión a 250 °C
Lana FR	570-600	Carbonización, hinchamiento
Algodón FR	290	Carbonización
Fuente: Manual de la NFPA		

La legislación nacional sólo se limita a incorporar dentro de la ordenanza la norma que estudia el comportamiento al fuego de revestimientos textiles y telas cuyo estudio se incorpora en el capítulo 7 del presente trabajo de título.

Como la gama de persianas y cortinajes en el mercado nacional es gigantesca, a

continuación se muestran sólo algunos ejemplos de persianas obtenidos del catalogo de la cámara chilena de la construcción.

Elemento N°1 : CORTINA ROLLER TELAS SCREEN BLACK-OUT y RUSTICA

- Descripción :** Cortina de rollo confeccionada con elementos y mecanismos importados. Utilizan muy poco espacio y otorgan protección solar. Ideal para edificios con muro cortina. Componentes:
- Cabezal: Construcción de **aluminio** de 34 ó 44 mm.
 - Mecanismo: Existen 3 tipos de mecanismos, varían dependiendo de los metros cuadrados de la cortina. (liviano, mediano y Hd). Hd sobre 6 m².
 - Cadena Control: Cadenilla metálica ó sinfin de **pvc** y **poliéster** de alta resistencia.
 - Base: Construcción de aluminio con tapas de PVC esmaltado al horno en color neutro.
 - Tela Screen: Tela de **poliéster con PVC**, apertura 5%, fácil de lavar, resistente, retardante al fuego, protección contra rayos UV reflejando el 95%.
 - Tela Black Out: Tela black-out especial para roller, importada, blanco o beige.
 - Tela Rústica: Tela rústica importada, composición en **poliéster, algodón** y variados colores
- Institución :** PERSIANAS Y CORTINAS IZURIETA



Figura 4.3: Cortina roller telas screen black-out y rustica

Elemento N°2 : MINIPERSIANA ALUMINIO 25 mm.

- Descripción :** Persiana horizontal funcional y decorativa. Confeccionada con elementos y mecanismos importados. Ensamblado a medida en taller propio. Componentes:
- Cabezal: Perfil en forma de U con dimensiones de 25 mm. por lado. Pintura de alta resistencia, esmaltada al horno. El cabezal es el que lleva en su interior los mecanismos para el accionamiento de la persiana, y es éste el que mediante soportes especiales va fijado al muro o al cielo.
 - Láminas: **Aluminio** de 18 micras de espesor y de 25 mm. de ancho. Esmaltado al horno. Utilizamos 46 láminas por metro cuadrado.
 - Girador: Mecanismo de alta resistencia que permite el giro de las láminas al ser accionado con varilla de **policarbonato** transparente.
 - Freno: Sistema de regulación de la altura de la persiana, subida y bajada de esta.
 - Cinta y Cordón : Hecho de **poliéster** con alma de **nylon**. Color de acuerdo a la persiana.
 - Base: Perfil de 25 mm. Esmaltado al horno.
 - Tapas: Terminación del cabezal y la base en material **PVC** blanco.
- Institución :** PERSIANAS Y CORTINAS IZURIETA



Figura 4.4: Mini persiana aluminio 25 mm.

Elemento N°3 : CORTINA VERTICAL TELA DE 89 MM.

Descripción : Cortina vertical, muy funcional y de fácil mantención. Confeccionada a medida con mecanismos importados y láminas de tela de fabricación nacional e importadas. Ideal para grandes paños. Componentes:

- Cabezal: Construcción de aluminio de 30 x 35 mm. Esmaltado al horno en color neutro.
- Láminas: Tela de **poliéster ó polycotton** con tratamiento de apresto que le da rigidez y la vuelve resistente al polvo. Lavable.
- Girador: Pieza plástica de alta resistencia, que permite el giro de las láminas en 180 grados.
- Cadenilla: Sinfin plástico ubicado en el extremo del cabezal, con el cual se accionan los giradores, y cadenilla inferior que une los contrapesos.
- Cordón: Hecho de **poliéster con alma de nylon**, Color blanco

Institución : PERSIANAS Y CORTINAS IZURIETA

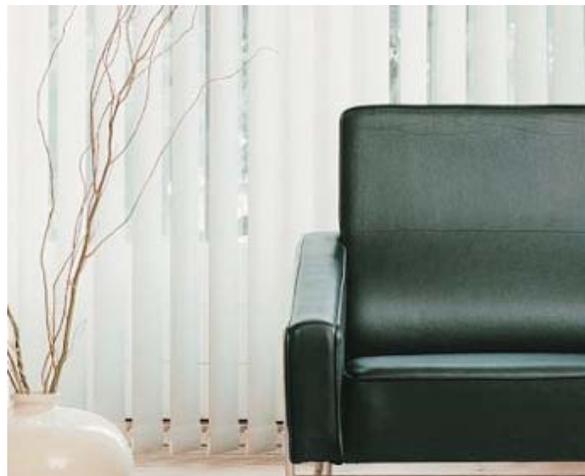


Figura 4.5: Cortina vertical tela de 89 mm.

Elemento N°4 : MICROPERSIANA ALUMINIO DE 16 MM.

Descripción : Persiana horizontal, delicada y decorativa. Confeccionada con elementos y mecanismos importados. Ensamblado a medida en taller propio. Componentes:

- Cabezal: Perfil en forma de U con dimensiones de 25 mm. por lado. Pintura de alta resistencia, esmaltada al horno. El cabezal es el que lleva en su interior los mecanismos para el accionamiento de la persiana, y es éste el que mediante soportes especiales va fijado al muro o al cielo.
- Láminas: **Aluminio** de 18 micras de espesor y de 16 mm. de ancho. Esmaltado al horno.
- Girador: Mecanismo de alta resistencia que permite el giro de las láminas al ser accionado con varilla de **policarbonato transparente**.
- Freno: Sistema de regulación de la altura de la persiana, subida y bajada de ésta.
- Cinta y Cordón: Hecho de **poliéster** con alma de **nylon**. Color de acuerdo a la persiana.
- Base: Perfil de 25 mm. Esmaltado al horno.
- Tapas: Terminación del cabezal y la base en material **PVC blanco**.

Institución : PERSIANAS Y CORTINAS IZURIETA



Figura 4.6: Micro persiana aluminio de 16 mm.

4.1.10 Pilar protegido con estuco. (ref. 22)

a) Pilar protegido con estuco F - 60

Para los elementos de construcción siguientes, llámese pilares protegidos con estuco, planchas y pinturas intumescentes, la efectividad del componente (estructura - protección), estriba mayormente en la masividad (ver ejemplos de cálculo en A.1), que es la relación entre la superficie expuesta al fuego, la cual es necesario proteger, y la sección del material protegido, como base de la estructura, de modo que no alcance a llegar a la temperatura crítica (en acero son 500 °C en promedio y 650 °C en cualquier punto).

Algunos morteros están compuestos por lana de roca basáltica, ligantes hidráulicos y aditivos antipolvo. Los morteros se aplican con equipos de maquinaria neumática que realizan la dosificación adecuada y bombean el producto hasta la pistola de proyección. Permiten un revestimiento ignífugo y para ello el mortero debe tener buena flexibilidad y adherencia que le permite adaptarse a casi todos los soportes sin fisuras ni desprendimientos. Algunos necesitan malla metálica para permitir una mejor adherencia.

Un ejemplo esquemático (figura siguiente) y descriptivo es el que se muestra a continuación. En el anexo D.5 se encuentran mayores ejemplos que están publicados en el Listado Oficial de Comportamiento al Fuego.

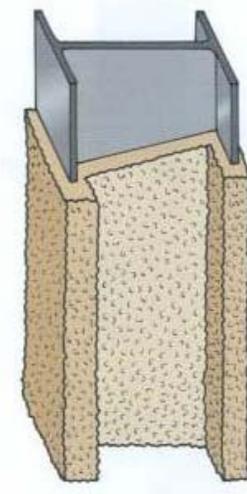


Figura 4.7: Pilar protegido con estuco.

Elemento	:	Cafco - 800 F - 60
Descripción	:	Pilar en base de perfil en acero estructural, de sección doble T 200 x 200 x 18 x 10 mm , su altura es de 2,10 m y su masividad es de 133 m ¹ . Este está protegido por todo su perímetro con material aislante térmico de densidad media a alta, proyectado y denominado “Cafco 800” de 19 mm de espesor promedio . Las caras del pilar deben estar totalmente protegidas en toda su extensión, sin dejar ningún intersticio a la vista.
Institución	:	US MINERAL PRODUCTS / DBA ISOLATEX INTERNATIONAL, STANHOPE NEW JERSEY

4.1.11 Pilar protegido con planchas. (ref. 22)

Para el caso de los pilares protegidos con planchas, el espesor y material de la placa a instalar vendrá determinado por la resistencia que se le demande, el uso a que se destine y, en estructuras de acero, por la masividad del perfil. La figura siguiente esquematiza la forma en que se cubre el perfil de acero.

El anexo D.5.2 entrega una serie de ejemplos de pilares protegidos por planchas, clasificados de acuerdo a su resistencia al fuego. Uno de ellos, es el siguiente.

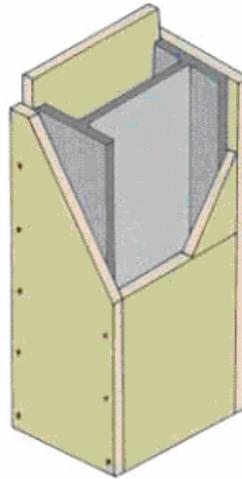


Figura 4.8: Pilar protegido con planchas.

Elemento	:	Tubest / 30
Descripción	:	Pilar en base de perfiles en acero estructural denominado "TUBEST", de forma rectangular y compuesto por un par de perfiles "OHM" y un par de perfiles "SIGMA", que van soldados entre sí. Esta combinación de perfiles miden 2,10 m de altura 0,35 m de ancho y 0,15 de profundidad. Los perfiles son en acero estructural A42-27 ES y sus dimensiones son 350 x 150 x 4 mm. Este conjunto está protegido por todo su perímetro con plancha de yeso-cartón tipo R F de 12,5 mm de espesor , que van afianzadas al pilar mediante cuatro perfiles Tegal económico de 38 x 38 x 0,5 mm, colocados en las esquinas, contra los cuales se atornillan las planchas de yeso-cartón, sin que los tornillos se ancle en la estructura base. La sección final de estos componentes resulta de 0,375 m de ancho por 0,251 m de profundidad.
Institución	:	EMPRESAS CINTAC S. A.

4.1.12 Pilar protegido con pinturas. (ref. 13 y 22)

Las determinaciones de comportamiento al fuego en los casos de ensayos con pinturas, son puntuales para esas masividades. No son válidas las extrapolaciones. Para extrapolar son validas las tablas de curvas de ensayos presentadas en los anexos del presente documento (Ver A.2).

La efectividad del componente (estructura - protección), estriba mayormente en la masividad, que es la relación entre la superficie expuesta con riesgo al fuego, la cual es necesario proteger, y la sección del material protegido como base de la estructura, de modo que no alcance a llegar a temperatura crítica (en acero son 500 °C en promedio y 650 °C en cualquier punto).

La protección con pinturas intumescente no se debe aplicar en estructuras diseñadas para resistir al fuego sino hasta F - 90, y según la norma técnica NCh 935/1 Of 97.

Las pinturas intumescentes tiene una durabilidad muy inferior a la vida útil del elemento estructural al que protege, por lo tanto es necesario revisarlas anualmente y darles mantenimiento con los mismos requisitos y calidad de la pintura especificada inicialmente en la obra; considerándose el espesor en condiciones de la pintura seca (MPS).

Ejemplos descriptivos de pilares protegidos con pinturas se muestran en el anexo D.5.3

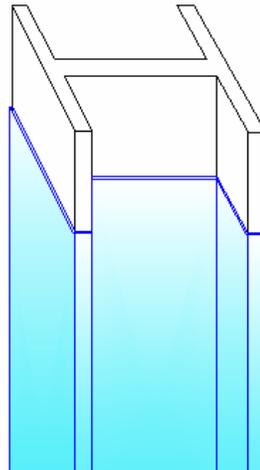


Figura 4.9: Pilar protegido con pintura intumescente.

4.2 Elementos horizontales e inclinados. (ref. 22)

La normativa nacional, en particular el punto 12 del artículo 4.3.5, de la OGUC, estipula que los elementos soportantes inclinados en 20 o más grados sexagesimales respecto de la vertical, serán considerados como elementos horizontales para efectos de determinar la resistencia al fuego.

Los elementos horizontales que se ensayan en los laboratorios del IDEM y por ende, los que publica el Listado Oficial de Comportamiento al Fuego, clasifican más para pertenecer a grandes estructuras más que una vivienda uni o multifamiliar. Sin embargo, de todos modos se hará alusión a dichos elementos cuyos ejemplos descriptivos se encuentran más en extenso en el anexo D.6.

4.2.1 Losas de hormigón nervadas F - 60.

Elemento	: Tabigal Cintac Económico R.V.H. 100 / 200
Descripción	: Complejo de losa con placa colaborante consistente en tres vigas de acero doble T de 200 x 100 x 6 mm y 3 m de largo, distanciadas a 1,8 m entre ejes sobre las cuales se instalan láminas acanaladas de acero galvanizado que sirven de moldaje perdido a la losa de hormigón . Esta va reforzada con malla electrosoldada tipo ACMA - 92 . Las vigas de acero están protegidas con dos planchas de yeso-cartón de 15 mm de espesor , cada una, sobre perfiles de acero previamente dispuestos en las vigas de acero. Las dimensiones totales del complejo son: 4 m de largo, 3 m de ancho y 0,13 m de espesor de la losa. Espesor total del elemento: 0,332 m, incluyendo el espesor de las vigas.
Institución	: CINTAC S. A.



Figura 4.10: Losa de hormigón nervada.

4.2.2 Losas de hormigón F - 90.

- Elemento** : Entrepiso Losa Colaborante **Hormigón** Cielo Falso Promatect H
- Descripción** : Complejo de losa con placa colaborante de 100 mm de espesor, apoyada sobre plancha metálica tipo P V 6 -50 de 0,5 mm de espesor.
Este conjunto está sostenido por tres vigas de **acero** doble T tipo I P E 200 (alma: altura 204 mm, espesor 6,6 mm; ala: ancho 98 mm, espesor 10,5 mm). Esta parte del complejo está protegida por un cielo falso tipo americano, que está constituido por una retícula de perfiles metálicos "Promat", distanciados en un sentido cada 0,6 m y en el otro sentido intercalados alternativamente a 1,2 m, perpendicular a la longitud de la plancha que sostienen.
Esta retícula y las planchas "Promatect" - H de 10 mm de espesor, cuelgan de la parte inferior de la losa colaborante, a una distancia de 0,35 m y afianzadas a cáncamos metálicos embutidos en la losa, mediante tacos metálicos expansibles, los cuales soportan el cielo falso mediante tiras de alambre galvanizados de 2 mm de diámetro.
Espesor total del elemento, incluido losa, viga y cielo falso: 0,460 m.
- Institución** : PROMAT CHILE S. A.

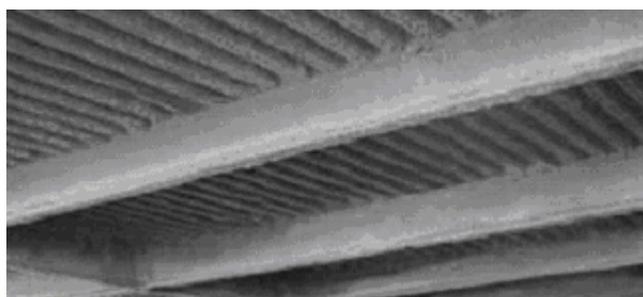


Figura 4.11: Losa de hormigón con viga protegida.

4.2.3 Losas prefabricadas con viguetas de hormigón F - 120.

- Elemento** : Losa Prefabricada Tralix 170 mm / F - 120
- Descripción** : El elemento de entrepiso: losa nervada unidireccional, está conformada por un sistema de viguetas, de **hormigón** espaciadas cada 720 mm entre las cuales se instalan bovedillas de **hormigón**. Sobre este sistema prefabricado, se instala una **mallado tipo C - 92**, y un **hormigón de sobrelosa elaborado en obra de 60 mm de espesor de grado H-25**. Los componentes de la losa prefabricada, son: Vigueta V10 T-E Tralix, conformada por un terliz que a su vez lo componen un reticulado electrosoldado en **acero AT56-50H**, un fierro de diámetro 8 + 2 fierros de diámetro 7, longitudinales de peso aproximado a 16 kg/m, cada una; además, a esta vigueta la conforman una placa base de **hormigón**, la cual define el fondo de la losa.
Bovedilla Tralix, elemento hueco, confeccionado en **hormigón** y con medidas de 580 x 200 x 110 mm y un peso de 16 kg.
Malla en **acero tipo C-91 de fierro 4,2 mm de diámetro** espaciado a 150 mm ortogonal. Las dimensiones de la losa son: 4,8 x 4,05 0,017 m.
El espesor de este elemento de entrepiso es de 0,017 m
- Institución** : COMPAÑIA PREFABRICADORA DE LOSAS S.A.-TRALIX S.A.

4.2.4 Losas de hormigón con vigas protegidas F - 120.

- Elemento** : Losa-Viga Protegida con Mortero Liviano Hibar 30-29mm / F-120
- Descripción** : El elemento de entrepiso está constituido por una losa de **hormigón** armado y tiene, como armadura, una **mallá Acma C92.**, y una placa colaborante, apoyada sobre dos vigas de **acero**, a 3 m aproximadamente entre ejes.
 La placa colaborante es de **acero zincado PV6**, E = 0,85mm y está protegida contra el fuego con un **material térmico proyectado “Hibar”**. El espesor del mortero en la losa es de 30 mm de Hibar y en las vigas es de 29 mm de Hibar. La losa de **hormigón** es de 3 x 4 m, total 12 m², y fue ensayada con carga de 1440 kilogramos a razón de 120 kg/m².
 Las dimensiones de las vigas de **acero** son: 250 x 100 x 10 x 5 mm de espesor. Las vigas se exponen al fuego por tres de sus caras. La masividad de las vigas es de 251 m¹. **La densidad media aparente del aislante térmico proyectado Hibar es de kg/m³**.
 La losa tiene un mayor espesor de 120 mm y el espesor menor es de 80 mm.
- Institución** : LAGOS & CASTILLO S. A.

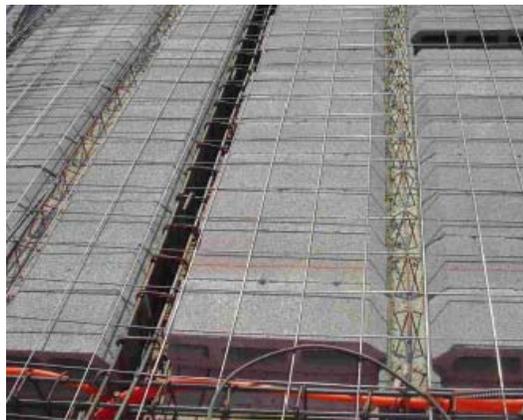


Figura 4.12: Losa compuesta por bovedillas de hormigón.

4.2.5 Entrepiso de madera protegidas F – 60.

- Elemento** : Entramado Madera Piso **Volcanita R F**, 12,5 mm
- Descripción** : Elemento de construcción destinado a entramado de entrepiso para edificios, cuyo piso está constituido por dos planchas de **contrachapado de madera de 12 y 15 mm de espesor** respectivamente, con pegamento para madera entre ambas; esta plataforma está sostenida por una estructuración de **pino** de 50 x 250 mm, y cuyas vigas van distanciadas a 0,9 m en los bordes y 1,2 m al centro.
 Las cadenetas de 50 x 250 mm, en el otro sentido van distanciadas cada 0,4 m entre ejes. El tapacán es de **madera contrachapada** y la solera entre tapacán y vigas es de **pino radiata** cuya sección transversal es de x 70 mm.
 El cielo está constituido por planchas de **Volcanita R F de 12,5 mm de espesor**. Todo el conjunto está unido por medio de tornillos y las juntas van selladas. Los espacios libres resultantes no están rellenos.
 Espesor total del elemento: 0,294 m.
- Institución** : COMPAÑÍA INDUSTRIAL EL VOLCÁN

4.2.6 Vigas protegidas con estuco.

- Elemento** : Igniplaster Plus 90
- Descripción** : Viga de **acero** estructural doble T de 200 x 100 x 10 x 5 mm, de masividad 238 m⁻¹. Protegidas con un **mortero denominado “Igniplaster Plus”, de 30 mm de espesor promedio, el cual está compuesto por ligantes hidráulicos, áridos ligeros y aditivos especiales**. Las vigas soportan una losa de **hormigón** de 12 m², colocada horizontalmente. No debe quedar ningún lugar de sus caras sin proteger.
- Institución** : PROMAT CHILE S. A.



Figura 4.13: Viga protegida con estuco.

4.2.7 Alfombras. (ref. 14, 15, 22 y 27)

El material básico de la industria textil es la fibra. Las fibras pueden ser Naturales y Sintéticas o Artificiales. Las Fibras Naturales: pueden ser de origen:

- Animal (tales como seda, lana, camello, alpaca, vicuña, crin, etc).
- Vegetal (tales como algodón, lino, yute, cáñamo).
- Mineral (tales como asbestos).

Las fibras sintéticas o artificiales pueden ser regeneradas químicamente a partir de materiales naturales no fibrosos o sintetizados por combinaciones químicas de diferentes materias primas básicas, las que habitualmente se clasifican en 2 grupos:

- Fibras Sintéticas Celulósicas: tales como rayón, acetato.
- Fibras Sintéticas no Celulósicas: tales como nylon, poliéster, acrílico, oleofinas (polipropileno).

Lo siguiente, es la definición de los diferentes tipos de materiales que se pueden usar en la confección de alfombras:

- **Lana:** es una fibra natural que soporta bien el uso (tiene buena recuperación y resistencia). Puede ser teñida en casi cualquier color sin que éste se desvanezca. Tiene alta absorción de humedad y baja generación de corriente estática. La lana suele ser el punto de referencia respecto al que se comparan todas las demás fibras para alfombra.
- **Algodón:** esta fibra natural tiene un gran poder absorbente, es resistente al calor, lavable, no se apolilla ni se apelmaza y no acumula electricidad estática. Al elegir un tejido de algodón hay que tener en cuenta que siempre encoge un poco en los primeros lavados.
- **Bambú:** es un material natural duro, elástico y resistente. Tampoco se contrae, expande o dobla. Es un revestimiento muy cálido y natural que puede adquirirse en una amplia gama de tonalidades.
- **Yute:** es una fibra natural cultivada en climas cálidos como los de la India y Bangladesh. Es un material que destaca por su notable suavidad, que contrasta con su apariencia más bien áspera. Las alfombras de yute están muy indicadas en lugares en los que se ha de caminar con los pies descalzos, como es el caso de los dormitorios.
- **Seda:** es una fibra natural que se produce con la cubierta del capullo del gusano de seda. La seda es extremadamente resistente, excediendo al nylon. Se utiliza para hacer alfombras orientales, porque la seda teñida tiene vivos colores y un brillo distintivo, casi translúcido. Es el más suave de los materiales y en algunos casos se le otorga lustre y brillo. Las alfombras de seda hay que tratarlas con un cuidado especial, y solo las manos de profesionales son recomendadas para su limpieza.
- **Nylon:** es la fibra artificial que se adapta mejor a cualquier tipo de uso. Puede ser teñida de cualquier color sin que éste se pierda, puede tener lustre opaco o brillante lo que provoca diferentes tonalidades, es de gran elasticidad y resistente a las manchas, a la humedad y a los abrasivos; esto favorece que su "aspecto nuevo" permanezca por más tiempo. Las alfombras confeccionadas con hilado de nylon son más resistentes a la suciedad, a las presiones del peso, a los efectos de la luz solar, menos inflamables y antiestáticas de por vida. Es antipolilla.

- **Oleofinas y Polipropileno:** esta fibra artificial, se diseñó en principio para alfombras colocadas en el exterior y para sótanos, debido a su resistencia a la humedad, hongos, daños por agua, manchas, apelmazamientos, desgaste y electricidad estática. Actualmente su uso se ha generalizado debido a su durabilidad, su aspecto y textura, similares a la lana. Es una fibra fuerte, resistente y fácil de limpiar. Debido a que se tiñe antes de tejerla, sus colores son inalterables. Algunos tipos de polipropileno tienden a opacarse y decolorarse cuando se exponen a la luz solar directa.
- **Poliéster:** esta fibra artificial, no está compuesta por hilos tan duraderos como el Nylon, pero aun así es bastante resistente al desgaste y ofrece una amplia variedad de texturas y colores. Aunque sufre apelmazamientos (tiende a formar bolas) y desgaste, es un material hipoalergénico, repele la humedad, resiste a los hongos y a la polilla, y es de fácil limpieza.
- **Viscosa:** también denominada fibrana o rayón, es una fibra artificial de celulosa que por sus especiales propiedades confiere a los tejidos que se fabrican con ella un brillo y tacto característicos tanto en 100% como en mezclas con otras fibras naturales (algodón, lana, lino) o sintéticas (poliéster, acrílicas, poliamidas). Las aplicaciones son muy extensas. La fibra de viscosa algodонера sirve para tejidos como sábanas, tapices o trajes. La fibra de viscosa lanera para tejidos de fantasía, tapicerías, alfombras o pasamanerías
- **Acrílicos:** es la fibra sintética más parecida a la lana. Se produce en forma de fibra cortada. El acrílico es más resistente al desgaste y las manchas que la lana, pero es un material combustible y tóxico. En general, tiene buena recuperación y resistencia a la abrasión, excepto en alfombras demasiado altas, ya que las fibras, una vez que se aplastan, no tienen posibilidad de recuperarse. Baja resistencia a la acción de aceites y productos químicos. Alta absorción de humedad pero seca rápidamente. Mezcla fácil con otras fibras. Antipolilla. Resistente al moho. Baja generación de electricidad estática. Dispone de una amplia variedad de colores, y expuesto a la luz del sol se decolora menos que el nailon o el poliéster.

El siguiente cuadro muestra algunas fibras, y sus características más importantes:

Tabla 4.5: Propiedades de algunas fibras de alfombras y/o moquetas.

	Decoloración	Estática	Resistencia a la llama	Resistencia al roce	Resistencia al aplastamiento
Acrílico	2 a 3	2	2	2	2,5
Poliéster	2 a 3	1,5	1,5	1,5	1,5
Poliamida	2 a 3	3	1	1	1
Polipropileno	1	1,2	1,5	1,2	3
Oleofina	1	1,2	1,5	1,2	1,5
Lana (vellón)	1,2		1,2	1,5	1,2
1 = excelente 2 = Bueno 3 = Regular					

Según la técnica empleada en su fabricación, se distinguen 2 tipos básicos de alfombras: *tejido de pelo continuo* (Bouclé) y *tejido de pelo cortado* que se definen a continuación.

El tejido de pelo continuo está formado por un conjunto de fibras totalmente continuas, producidas directamente por el fabricante durante el proceso de fabricación de la alfombra, lo que no hace necesaria una posterior hilatura. Se usa para alfombras de tráfico intenso (comercial). Dentro de esta clasificación se tiene:

- **Textura Bouclé Liso:** presenta un aspecto compacto, y tiende a mantener la suciedad en la superficie, lo que facilita su limpieza. No se marcan las pisadas y son ideales para escaleras, habitaciones de niños, etc.

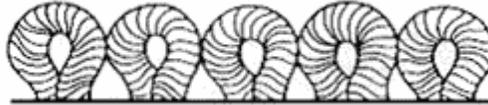


Figura 4.14: Pelo de alfombra, tipo Bouclé Liso.

- **Textura Bouclé Estructurada:** las distintas alturas de los boucles (rizos), permiten crear diferentes diseños y relieves. No marca las pisadas y son indicadas para escaleras, habitaciones de niños, etc.



Figura 4.15: Pelo de alfombra, tipo Bouclé Estructurada.

Por otra parte, la producción del tejido de pelo cortado es similar a la de pelo continuo pero, al final del proceso es cortada la fibra para ser sometida a los procesos de hilatura tradicionales para lograr el hilado deseado. La textura que ofrece se debe a que son alfombras con el pelo cortado en las puntas, donde el hilo se mantiene vertical. Tienen un aspecto aterciopelado por lo que dan sensación de elegancia y suntuosidad. Se clasifican en:

- Tipo Plush: Ofrecen una superficie más aterciopelada:



Figura 4.16: Pelo de alfombra, tipo Plush.

- Tipo Saxony: Tiene un aspecto similar al Tipo Plush, pero al tener un proceso especial de fijación en la torsión de los hilos, da un aspecto más definido en la punta de los hilados y una mayor duración.



Figura 4.17: Pelo de alfombra, tipo Saxony

- **Tipo Frizzé:** Es un pelo cortado, con hilado muy retorcido, formando un aspecto enrulado. Su look informal disminuye las marcas de pisadas y el aspirado de la misma.



Figura 4.18: Pelo de alfombra, tipo Frizzé.

En la fabricación de alfombras se utilizan diferentes telas como base, por ejemplo: yute, lino, algodón, cuerda kraft, rayón, poliéster y polipropileno, producidos en base a una película fibrilada.

- **Base Primaria:** La mayor parte de las bases primarias de alfombras tufting (Backing) son de polipropileno tejido. Las bases sintéticas son las más resistentes.
- **Base Secundaria:** es la que le confiere estabilidad dimensional y resistencia a la alfombra. Se fabrica en yute o polipropileno de tejido abierto (Action Back).

En cuanto al estudio de su comportamiento ante el fuego, hasta 1960 existía muy poca experiencia indicativa de que las moquetas y alfombras constituían un factor importante en los incendios. Es por tal razón que generalmente se encontraban exentas en la legislación extranjera (hasta hoy en día en la normativa nacional) Luego, si bien es cierto, hubieron varios incendios en donde las moquetas no se vieron involucradas, hoy en día se cree que pueden constituir un agente importante en el desarrollo o propagación de un incendio, un ejemplo patente de lo anterior lo constituye el incendio de la torre Santa María en Santiago de Chile, y los estudios de la NFPA que revelan lo siguiente:

Tabla 4.6: Incendios en edificios en los que el combustible inicial ha sido un tejido, por tipo de ropa*.

Clase de ropa	N° de incendios		muertos civiles		Pérdidas materiales directas (en millones de dólares)	
	N°	%	N°	%	Millones	%
Colchones, sábanas y almohadas	44.000	35,80%	753	34,50%	264,8	30,40%
Muebles tapizados	20.400	16,60%	876	41,30%	200,4	23,00%
Ropas personales puestas o quitadas	18.100	14,70%	251	11,80%	117,7	13,50%
Cortinas, visillos, tapices	6.000	4,90%	33	1,60%	38,4	4,40%
Ropa que no sea de cama	5.600	4,60%	15	0,70%	21	2,40%
Alfombras o moquetas	5.600	4,50%	69	3,30%	45,7	5,20%
Fibras o pelusa	4.800	3,90%	3	0,10%	9,1	1,00%
Otros conocidos	17.200	14,00%	107	5,00%	166,2	19,10%
Desconocidos	1.200	1,00%	13	0,60%	8,4	1,00%
Total	122.900	100,00%	2.121	100,00%	871,6	100,00%
*Promedio anual de incendios en los Estados Unidos comunicados a los servicios de bomberos, 1985-1989.						
Fuente: NFIRS y Encuesta de la NFPA.						

Los factores que influyen en la facilidad de ignición de moquetas y alfombras son: tipo de fibra, densidad por unidad de superficie (o bucles por unidad de área), longitud del pelo, material soporte, tipo de adhesivo, forro, soporte simple o doble y tipo de tinte (ver tabla siguiente).

Tabla 4.7: Incendios en edificios en los que el combustible inicial ha sido un tejido, por clase de tejido *.

Tipo de tejido	Nº de incendios		muertos civiles		Pérdidas materiales directas (en millones de dólares)	
Algodón, rayón o mezclas algodón-poliéster	67.600	55,00%	1.000	47,17%	384,8	44,15%
Fibras artificiales	39.400	32,06%	768	36,23%	323,8	37,15%
Lana pura o con mezcla	2200	1,79%	19	0,90%	15,0	1,72%
Cuero, seda u otros tejidos	500	0,41%	11	0,52%	3,3	0,38%
Otros sin clasificar	4400	3,58%	56	2,64%	66,0	7,57%
Desconocidos	8800	7,16%	266	12,55%	78,7	9,03%
Total	122.900	100,00%	2.120	100,00%	871,6	100,00%
*Promedio anual de incendios en los Estados Unidos comunicados a los servicios de bomberos, 1985-1989.						
Fuente: NFIRS y Encuesta de la NFPA.						

Las moquetas y alfombras están actualmente reguladas por disposiciones federales de Estados Unidos. Dependiendo del tamaño se aplican distintos apartados de las reglamentaciones. En los ensayos, se colocan muestras 229 x 229 mm en el suelo de una cámara y sobre ella una lámina de acero con un orificio en el centro de 203 mm de diámetro. En el orificio se coloca una tableta de metanoamina y se prende. Se considera que la muestra supera la prueba si la carbonización no se extiende más de 25,4 mm (1 pulgada) desde el borde del orificio en cualquier dirección. Se exige que 7 de 8 muestras pasen la prueba para autorizar su venta.

Se exige que en los hospitales las maquetas y otros recubrimientos del suelo situados en zonas ocupadas por pacientes y en las vías de salida, cumplan los límites de inflamabilidad exigidos. Con el objeto de determinar el real riesgo de propagación del fuego de materiales de recubrimiento, se desarrolló el concepto de flujo radiante crítico. El National Bureau of Standards (Oficina Nacional de Normas), en sus ensayos de incendio en un pasillo patrón, descubrió que la energía radiante que incide sobre un recubrimiento tenía una gran influencia en la propagación de la llama a lo largo del mismo.

Este ensayo condujo al desarrollo de la prueba del panel radiante el cual consiste en que se somete a una muestra horizontal a un flujo calorífico procedente de un panel calentado por gas y situado con una inclinación de 30°. El flujo radiante decrece a lo largo de la longitud de la muestra de acuerdo con la función energía/distancia. Una llama piloto inflama el extremo de la muestra con el flujo radiante máximo. Se deja que el frente de llama se propague hasta que no se refuerce con el flujo radiante decreciente y se extingue. El flujo en este punto de la muestra se denomina flujo radiante crítico.

De acuerdo a lo anterior, la normativa norteamericana recomienda que en pasillos y vías de salida de hospitales y sanatorios exista un flujo crítico mínimo de 0,45 W /cm²; y para viviendas unifamiliares y bifamiliares el flujo crítico mínimo sea de 0,22 W /cm².

4.2.8 Techumbre protegida. (ref. 22)

Las techumbres en el Listado Oficial de Comportamiento al Fuego son descritas en todo su conjunto (ver ejemplos descriptivos en anexo D.7), es decir, se describe material y espesor del cielo; material y sección transversal tanto de costaneras como de diagonales; material, espesor y densidad de la aislación térmica; y, material de la cubierta.

La figura siguiente representa un ejemplo de la configuración de una cercha tipo, que puede ser sometida a ensayo.

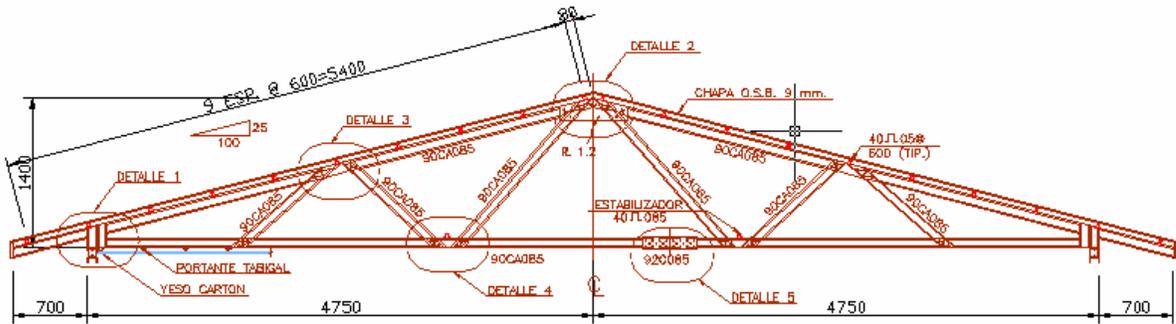


Figura 4.19: Ejemplo de cercha que es sometida a ensayo.

Estos elementos estructurales son los que comúnmente se pueden encontrar en viviendas de uno o dos pisos, por lo que es importante considerarlos si se quiere conseguir una resistencia al fuego tal que permita la huida y salvación de los ocupantes.

Es importante destacar, que la estructura aumenta notablemente la resistencia al fuego en la medida que aumenta el espesor y la calidad del cielo que compone la estructura. Luego se concluye que basta con escoger una adecuada plancha de yeso-cartón (material que es comúnmente usado en cielos de techumbres de viviendas), para obtener una adecuada resistencia al fuego.

CAPÍTULO V CUALIDADES PIRÓGENAS

5.1 Temperatura de ignición (ref. 27)

La temperatura de ignición es la temperatura más baja necesaria para que una mezcla entre en combustión debido a la acción de una fuente de calor o ignición.

Dicha fuente, o foco de ignición se puede calificar según el origen de donde provenga. Es así como se pueden calificar cuatro tipos de fuentes de energía calorífica: química, física, mecánica y nuclear ya detalladas en el capítulo III del presente trabajo.

La temperatura de ignición puede variar según el método analítico y el equipo de ensayo empleado. Un caso particular es la madera, que son difíciles de determinar su temperatura de ignición debido a la cantidad de variables involucradas:

- Densidad de la muestra.
- Características físicas de la muestra, es decir, sus dimensiones y forma.
- Contenido de humedad.
- Velocidad y duración del calentamiento.
- Naturaleza del foco calorífico.
- Suministro de aire.

El Forest Products Laboratory realizó una serie de ensayos con tacos de madera, nueve clases diferentes sin tratamiento, secados al horno y de dimensiones 1¼ x 1¼ x 4 pulgadas. La temperatura se mantenía constante antes de que las muestras emitieran gases combustibles en volumen suficiente para que una llama piloto situada a 12.7 mm de la muestra provocara la inflamación. Pero, previo a lo anterior, las muestras eran sometidas durante 40 min. a un chorro de aire caliente a temperatura constante, sin que entrase en ignición:

Tabla 5.1: Tiempo a la ignición de especímenes de madera

Tiempo a la ignición de especímenes de madera								
Madera	Temperatura a la que no hubo ignición a los 40 min. [°C]	Minutos de exposición a una llama piloto antes que sucediera la ignición						
		180 °C	200 °C	225 °C	250 °C	300 °C	350 °C	400 °C
Pino palustre	157	14,3	11,8	8,7	6,0	2,3	1,4	0,5
Roble rojo	157	20,0	13,3	8,1	4,7	1,6	1,2	0,5
Alerce americano	167	29,9	14,5	9,0	6,0	2,3	0,8	0,5
Alerce decíduo occidental	157	30,8	25,0	17,0	9,5	3,5	1,5	0,5
Abeto noble	187	-	-	15,9	9,3	2,3	1,2	0,3
Abeto oriental	180	-	13,3	7,2	4,0	2,2	1,2	0,3
Secuoya	157	28,5	18,5	10,4	6,0	1,9	0,8	0,3
Abeto de Sitka	157	40,0	19,6	8,3	5,3	2,1	1,0	0,3
Tilo americano	167	-	14,5	9,6	6,0	1,6	1,2	0,3

FUENTE: National Bureau of Standards (en la actualidad National Institute for Standards and Technology (NIST))

Se comprobó que existía una cierta relación entre el peso específico de las maderas y la temperatura de ignición. En general, las especies de baja densidad experimentan la ignición a temperaturas más bajas que las de alta densidad. El National Bureau of Standards (Oficina Nacional de Normas) y C. R. Brown ensayaron las maderas cuyos resultados de ignición se presentan a continuación:

Tabla 5.2: Temperatura de ignición de maderas

Madera	Temperatura de autoignición [°C]
Cedro rojo occidental	192
Pino blanco	207
Pino palustre	220
Roble blanco	210
Abedul papelero	204
Pino de agujas cortas	228
Abeto Douglas	260
Abeto del norte	261
Pino blanco	264

FUENTE: National Institute for Standards and Technology (NIST)

Otros materiales y sustancias a los que se les ha estudiado su temperatura de ignición son los que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5.3: Temperatura de ignición de algunos materiales

Material	Temperatura de ignición [°C]	Material	Temperatura de ignición [°C]
Acetato de metilo	454	Ferro manganeso, carbono medio	290
Acetona	465	Ferro silíceo	800
Acetileno	305	Gas natural de alto contenido en metano	482 - 632
Ácido sulfhídrico	260	Gasolina (110 octanos)	456
Alcohol etílico	360	Gomas, crudas, endurecidas	350
Aldehído acético	175	Gomas, sintéticas, endurecidas	320
Aleación aluminio-cobre	830	Hidrógeno	400
Aleación aluminio-níquel	540	Hierro reducido con H ₂	290
Aleación aluminio-silicio	670	Hierro carbonilo	310
Aluminio escamas	320	Kerosén	210
Aluminio finos	550	Madera blanda	320 - 350
Amoníaco	498	Madera dura	313 - 393
Azufre	220	Metanol	385
Asfalto	500	Metano	537
Benceno	560	Metil-acetileno propadieno, estabilizado	454
Boro comercial	400	Metil-etil- cetona	404
Brea de carbón	710	Monóxido de carbono	609
Brea de petróleo	630	Nafta	288
Butano (comercial)	482 - 538	Propano (comercial)	493 - 604
Carbón vegetal	180	Policarbonato	710
Celulosa	260	Polietileno	488
Corcho	210	Poliestireno	573
Cloruro de etilo	519	Polímeros de Nylon	430
Cromo electrolítico colado	400	Poliuretano (flexible)	456 - 579
Espuma de poliuretano sin ignifugar	440	PVC	507
Estaño atomizado	430	Resina epóxica	540
etanol	363	Resinas de polietileno	400
Éter isopropílico	443	Titanio	330
Etileno	490	Tolueno	480

Fuente: NFPA. Manual de protección contra incendios. Editorial MAPFRE. 1991

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos en múltiples ensayos de resistencia a la ignición por cigarrillos y pequeñas llamas de materiales de tapicería. Los materiales están clasificados en orden de resistencia decreciente a la ignición por cigarrillos y en orden de

resistencia decreciente por pequeñas llamas y de desarrollo creciente del fuego después de la ignición.

Existe una considerable semejanza en dichas características en materiales próximos a la tabla, dependiendo de factores tales como la densidad, contenido de agentes ignífugantes, acabado recubrimientos, etcétera.

Es importante destacar que algunos materiales que poseen buena resistencia a la ignición por cigarrillos no tienen necesariamente que poseer la misma propiedad frente a pequeñas llamas y viceversa.

Tabla 5.4: Resistencia a la ignición de algunos materiales.

Resistencia a la ignición	Tejido de revestimiento	Relleno	Entretelas	Canutillo	Parámetros constructivos
Resistencia a la ignición por cigarrillos					
Alta	Lana, PVC	Espumas especiales (1)	Tejidos aluminizados	Aluminizado	Superficies planas
	Termoplásticos pesados	Guata de poliéster	Telas de neopreno	PVC	Superficies planas
			Fibra de vidrio revestida de vinilo		Cercanas al canutillo
	Mezclas de celulosa y termoplásticos (el función del % de termoplásticos)	PU SR Guata celulósica SR PU sin tratar	Fieltro de Novoloid Tejidos termoplásticos Tejidos celulósicos	Termoplásticos Celulósicos SR Celulósicos	Resultes Uniones de superficie
Baja	Celulósicos ligeros	Guata de mezcla de fibra			
	Celulósicos pesados	Mezclas de celulosa			
Resistencia a la ignición por pequeñas llamas y desarrollo del fuego					
Alta	Lana FR	Espumas especiales (2)	Aluminizados e impermeables a los gases	No se ha investigado el efecto del canutillo, se piensa que no tiene influencia significativa.	Superficies planas
	Lana, celulósicos revestidos de PVC (2)	Guata celulósica FR			Superficies verticales esquinas
Baja	Celulósicos	PU FR Guata celulósica	Tejidos de neopreno (2) Tejidos de novoloid		
	Termoplásticos	Guata de poliéster PU sin tratar Espumas de látex	Tejidos de aramida (2) (3) Fibra de vidrio revestida de vinilo (2) Tejidos celulósicos FR (3) Tejidos celulósicos (1) (3) Tejidos termoplásticos		
<p>SR: Resistente a la combustión latente; FR: Resistente a las llamas; PU: espuma de poliuretano. (1) Neopreno; cobustión modificada, PU de alta resistencia. (2) Materiales más pesados poseen mayor resistencia a la ignición y, normalmente, mayores velocidades de liberación de calor y menores velocidades de propagación de llamas. (3) Se incluyen tejidos entrelazados cosidos y fruncidos. Fuente: NFPA. Manual de protección contra incendios. Editorial MAPFRE. 1991</p>					

Los avances conseguidos en el control de la ignición de materiales se deben sobre todo al desarrollo de tratamientos resistentes a la llama de polímeros naturales y sintéticos. También es posible la fabricación de polímeros en las que una parte sustancial del material sea incombustible. Un ejemplo puede ser la dilución de un polímero con gran cantidad de trihidrato de alúmina, material incombustible y endotérmico. Otro ejemplo es la inclusión de átomos de halógeno, cloro o fluor, en los monómeros constituyentes del plástico. El desarrollo de polímeros basados en elementos distintos del carbono constituye una tercera alternativa, de los cuales puede citarse los polímeros de silicona y de fosfonitrílicos.

5.2 Temperatura de inflamación. (ref. 27)

El punto de inflamación es la temperatura mínima necesaria para que un material inflamable desprenda vapores que, mezclados con el aire, se inflamen en presencia de una fuente ígnea. Es por ello que un material se le denomina inflamable cuando entra en combustión con mucha facilidad. Estos materiales son generalmente fácilmente vaporizables y sus vapores tienen un bajo punto de ignición.

La inflamabilidad de los productos textiles se ha limitado principalmente a los propios productos. La aplicación de éstos como, ropa normal y protectora, cortinas, moquetas, etc., resulta de gran importancia al evaluar la inflamabilidad de los géneros textiles. A continuación se estudia la inflamabilidad de algunos productos textiles:

Prendas de vestir

El tipo de vestido constituye un factor importante al evaluar el riesgo de incendio. Por ejemplo, un vestido largo de mujer con varias yardas de tejido inflamable puede ser una trampa mortal, mientras que una blusa o camisa ajustada, fabricada en el mismo material, presenta mucho menos peligro. El vestido no solo tiene mucho más combustible, sino que además sus dimensiones y formas presentan mucha más vulnerabilidad al contacto con típicas fuentes de ignición. Las faldas acampanadas y los quimonos de manga larga son otras prendas proclives a la ignición fácil. La disponibilidad de oxígeno en ambos lados de prendas holgadas acelera la propagación de la llama.

Cortinas y colgaduras

Estos elementos decorativos pueden entrar en ignición como consecuencia de fallos eléctricos o fuegos en papeleras. Las llamas se propagan rápidamente a las paredes y al techo. Existen grandes diferencias entre los distintos materiales empleados en la confección de cortinas caseras respecto a la producción de calor y humo y a la propagación de la ignición a los revestimientos de las paredes.

El ensayo más extendido corresponde a la norma NFPA 701, *Métodos normalizados de ensayos de incendio para películas y productos textiles ignífugos (Standard Methods 01 Fire Tests for Flame Resistant Textiles and Films)*. La norma NFPA 701 estableció recientemente que, aunque un solo paño de tela para cortinas pasara los requisitos de esta norma, la combinación de dos o más paños, como se ve con frecuencia en moteles, etc., puede arder violentamente. Esto se demostró en una prueba a escala real. Actualmente se está intentando establecer los métodos de ensayo para varios paños.

Moquetas y alfombras

Hasta 1960 existía muy poca experiencia indicativa de que las moquetas constituyesen un factor importante en los incendios. Consecuentemente, los revestimientos de suelos estaban excluidos de la legislación Estadounidense. Desde 1960, aunque se produjeron muy pocos incendios en los que las moquetas se vieron involucradas, se sabe que pueden constituir el agente principal del desarrollo o propagación de un incendio. En 1970, un incendio en una vivienda de California fue descubierto por uno de sus ocupantes cuando abarcaba algo más de un metro de diámetro de la moqueta frente a la chimenea 19.2°. Cuando el inquilino aplicó agua con una manguera de riego de jardín sobre la moqueta incendiada, el fuego se propagó rápidamente en diez minutos envolviendo toda la habitación, incluyendo el mobiliario y el revestimiento de madera de las paredes. Debido a esta experiencia, la inflamabilidad de las moquetas está regulada

a nivel federal, estatal y municipal.

Entre los muchos factores constitutivos de las moquetas que pueden afectar a su facilidad para la ignición o su capacidad de propagación del fuego se encuentran: tipo de fibra, densidad por unidad de superficie (o bucles por unidad de área), longitud del pelo, material soporte, tipo de adhesivo, forro, soporte simple o doble y tipo de tinte.

Ropa protectora contra el calor

La ropa protectora, al exponerla al calor o las llamas, no debe quemarse, fundirse o desintegrarse. De constituir una barrera térmica eficaz, no debe encoger excesivamente si se la somete al calor y debe ser duradera y comfortable.

En Estados Unidos, en fuegos de edificios generalmente se emplean abrigos especiales. Estos abrigos constan de un revestimiento exterior resistente al agua y a la abrasión, una barrera de vapor para medir la penetración del agua y los productos químicos y un forro interior para conseguir aislamiento contra el calor y el frío. Los materiales más utilizados en la capa exterior son nómex y algodón resistente a la llama. Entre los materiales empleados en las barreras de vapor intermedias se encuentran los tejidos de poliéster y algodón revestidos de neopreno o el Goretex que son permeables al vapor de agua pero no permiten la penetración del agua líquida. Para el forro interior se utilizan materiales similares.

Plásticos celulares

Estos plásticos de constitución flexible (colchones, tapizados de asientos, rellenos de alfombras, etc.) o de constitución rígida (aislamientos de edificios) creaban, sin embargo, riesgos de incendio por encima de los niveles aceptables. La poca resistencia de los plásticos celulares al calor excesivo y su facilidad de ignición contrastan propiedad principal en la construcción de edificios: su excelente resistencia a la transmisión de calor.

Un estudio sobre la inflamabilidad de los plásticos celulares a través del análisis de 34 incendios en los cuales se habían utilizado plásticos celulares rígidos como materiales de construcción indica lo siguiente:

- La actuación de los plásticos celulares ante el fuego puede variar considerablemente según estén expuestos o protegidos y/o sean resistentes al fuego y según el grado de esta resistencia. Sin embargo, el estudio no demuestra concluyentemente la reducción de la inflamabilidad mediante el uso de inhibidores o recubrimientos protectores.
- En 8 de un total de 12 incendios se observó un alto índice de propagación del fuego que, además, parecía ser especialmente frecuente en el poliuretano espumoso carente de inhibidores y en las planchas rígidas de poliuretano.
- El comportamiento de los plásticos celulares parece estar afectado por el alcance de la aplicación de la espuma; es decir, por el hecho de que ésta se aplique a las paredes y al techo o sólo a las paredes.
- El comportamiento ante el fuego de los plásticos flexibles de espuma, parece ser similar al de las espumas rígidas de plástico (sin embargo, una peculiaridad de las espumas flexibles es la posible generación de charcos de líquido. El plástico licuado arde como un líquido con un punto de inflamación elevado).

Aunque el poliuretano rígido no tratado arde rápidamente y puede ser fácilmente inflamado por focos de ignición del medio ambiente, las variedades ignifugadas presentan una resistencia sustancial a cualquier foco de ignición. La aplicación continuada de calor hace arder a estas espumas, pero la velocidad de combustión tiende a reducirse; a menudo, el fuego se puede extinguir por completo si se retira el foco externo de calor.

Por otra parte, la espuma rígida de poliestireno no-tratado se inflama fácilmente y arde produciendo un producto derretido viscoso y muy negro que puede quemarse con la misma intensidad que un líquido inflamable. Los tratamientos ignifugantes inhiben la ignición; el plástico tiende a encogerse; alejándose de los focos fijos de calor sin inflamarse.

Gomas

La combustión de la goma se detecta rápidamente por su olor característico y el humo denso que desprende, sin embargo, el material no se inflama fácilmente. En aplicaciones normales, los peligros más serios se presentan en colchones de goma espuma, particularmente en hospitales, sanatorios y prisiones. La ignición accidental por cigarrillos o deliberada mediante cerillas provoca la rápida generación de humo denso y tóxico con el resultado de importantes pérdidas humanas.

Expuestas a una fuente de calor la goma espuma se inflama espontáneamente. Se han dado casos de ignición espontánea en zapatos y ropa inmediatamente después de retirarlos de secadores. Las fundas de goma (y plástico) de cables eléctricos han provocado incendios de grandes proporciones en la industria eléctrica y de la comunicación. Los aislamientos de neopreno y de noepreno/butilo tienden a arder fácilmente.

No parece que existan diferencias significativas en las características de ignición o combustión de la goma natural y la sintética. En condiciones ordinarias, hay formulaciones de silicona que reducen al mínimo la combustibilidad, pero no todas las gomas silicónicas poseen dicha facultad.

5.3 Combustión espontánea por radiación. (ref. 27)

La convección y la conducción requieren de la presencia de materia para que tengan lugar. En cambio, toda la vida sobre la tierra depende de la transmisión de la energía que desde el sol llega a la tierra a través del espacio vacío (o casi vacío). Esta forma de transmisión de energía recibe el nombre de radiación.

Por ejemplo, la sensación de calor que se es recibida de una chimenea encendida es principalmente energía radiante ya que la mayor parte del aire calentado asciende por convección por la chimenea.

La radiación consta de ondas electromagnéticas así como por ejemplo, la radiación procedente del sol consiste en luz visible más otras radiaciones con otras longitudes de onda, a las que no es sensible el ojo humano.

Por otra parte, la radiación térmica se produce a causa de la agitación térmica de la materia (movimiento de las moléculas por tener una determinada temperatura).

Como ya se mencionó, la ignición es el fenómeno que inicia la combustión autoalimentada, y a partir de ello se tiene dos tipos de ignición, la ignición provocada y la autoignición que da origen a la auto-combustión o combustión espontánea. La ignición provocada es la producida al introducir una llama externa, chispa o brasa incandescente. En cambio, si no existe un foco externo, se denomina autoignición.

En general, la temperatura de ignición provocada es mucho menor que la temperatura de autoignición. Al comenzar la reacción química, el combustible y el oxígeno producen un número de especies excitadas. Si la cantidad de combustible y oxígeno, así como, el número de especies excitadas son adecuadas, la ignición toma la forma de una reacción en cadena que continuará hasta consumir todo el combustible u oxidante existente, hasta que la llama se apague por enfriamiento, por disminución del número de moléculas excitadas o por otras causas.

En los líquidos y sólidos combustibles, la iniciación de la llama se produce en la fase gaseosa. Generalmente podemos identificar una temperatura mínima de un sólido o líquido capaz de generar una mezcla vapor-aire inflamable cerca de su superficie.

La temperatura necesaria para provocar la ignición de sólidos y líquidos depende del caudal de aire, el grado de calentamiento, del tamaño y forma del sólido o líquido. Por lo tanto, las temperaturas de ignición conocidas dependen de los métodos de ensayo utilizados.

La temperatura de ignición de mezclas gaseosas depende de la composición, presión atmosférica en el ambiente en que está inmersa la mezcla, volumen de la mezcla y forma del recipiente, así como de la naturaleza y energía del agente que provoca la inflamación. A su vez, las mezclas de aire combustible requieren de una presión mínima específica para permitir la ignición.

Cuando aumenta la temperatura de la mezcla, se requiere menos energía para provocar la ignición, cuando esta temperatura alcanza un nivel en el cual la mezcla arde se denomina temperatura de autoignición o inflamación espontánea. Como muestran las tablas siguientes, la temperatura de autoignición, depende también de la composición del combustible y su presión, pero es muy sensible al tamaño y forma del recipiente en el que se haga la mezcla. Producto de lo anterior se han encontrado distintos valores de temperatura de autoignición para el mismo vapor en distintos experimentos, al igual que en combustibles sólidos.

Tabla 5.5: Variación de la temperatura de ignición según el porcentaje de mezcla.

% propano en aire	Temperatura de auto ignición [°C]
1.5	548
3.75	502
7.65	476
Fuente: NFPA. Manual de protección contra incendios. Editorial MAPFRE. 1993	

Tabla 5.6: Variación de la temperatura de ignición de según el tamaño del recipiente.

Volumen [cm ³]	Temperatura de auto ignición [°C]
200	120
1000	110
10000	96
Fuente: NFPA. Manual de protección contra incendios. Editorial MAPFRE. 1993	

Para el caso de la madera, y sus derivados materiales celulósicos la autoignición sólo ocurre por contaminación o calor artificialmente inducido desde una fuente de calor directa. Las materias celulósicas limpias y secas, por ejemplo, no se calientan espontáneamente a menos de que estén impregnados de ciertos aceites secantes y almacenadas en lugares no ventilados. Los tableros de fibra por ejemplo, no se calientan espontáneamente, de hecho, ensayos de planchas de fibra de madera de 1/8" (3 mm) de espesor, apiladas hasta una altura de 22" (559 mm) y sometidas a la acción de un foco calorífico de 109 °C se inflamó en 96 horas.

5.4 Poder calorífico. (ref. 11, 12 y 27)

Potencial calorífico de un material (PCS) es la cantidad máxima de calor que desprende un material hasta su combustión total. La medida se realiza en una bomba calorimétrica en una atmósfera de oxígeno a una presión de 30 bares. El PCS se expresa en MJ/Kg. La valoración conjunta de estos ensayos permite estimar los riesgos de incendio de un material.

Tabla 5.7: Calor de combustión de algunos materiales.

Material	Calor de combustión		Material	Calor de combustión	
	MJ/kg	Mcal/kg		MJ/kg	Mcal/kg
Acetona	29,3	7,0	Lana comprimida	20,9	5,0
Aguarrás	45,2	10,8	Lana de madera	16,8	4,0
Alcohol etílico	25,1	6,0	Lana natural	22,8	5,4
Algodón	16,8	4,0	Lino	16,8	4,0
Almidón	16,8	4,0	Maderas	16,8 - 25,1	4,0 - 6,0
Aluminio	31,4	7,5	Madera de álamo	16,8	4,0
Anilina	37,5	9,0	Madera de coníferas	16,8	4,0
Aserrín	20,9	5,0	Madera de contraplaca	16,8	4,0
Asfalto	39,9	9,9	Madera de haya (helecho)	20,9	5,0
Azufre	8,4	2,0	Madera de hoguera, fuego	16,8	4,0
Bambú, caña de	16,8	4,0	Madera de pino seco	16,8	4,0
Carbón briquetas de hulla	33,5	8,0	Madera de roble	16,8	4,0
Carbón coke de hulla	29,3	7,0	Madera dura exótica	16,8	4,0
Carbón de madera	29,3	7,0	Materiales sintéticos	16,8	4,0
Carbón hulla	33,5	8,0	Metano	50,3	12,0
Carbón lignita	20,9	5,0	Monóxido de carbono	8,4	2,0
Carbón mineral	25,1	6,0	Neopreno	10,2 - 27,2	2,4 - 6,5
Carbón de alumina	16,8	4,0	Nylon	29,3	7,0
Carbón de aluminio	16,8	4,0	Paneles de madera	18,4	4,4
Carbono	33,1	7,9	Paja natural	14,0	3,3
Cartón	16,8	4,0	Paja de madera	16,8	4,0
Cartones bituminosos	25,1	6,0	Papel	16,8	4,0
Caucho	41,9	10,0	Parafina	46,1	11,0
Caucho en planchas	41,9	10,0	Petróleo	41,9	10,0
Celulosa	17,6	4,2	Placa de aglomerado de madera	16,8	4,0
Ceras	39,6	9,5	Plásticos	16,8 - 41,9	4,0 - 10
Cola, engrudo	37,5	9,0	Poliéster	25,1	6,0
Corteza de roble	16,8	4,0	Poliestireno	40,2	9,6
Cuero	18,6	4,4	Poliestireno (estirolo) en espuma	41,9	10,0
Espumas	20,9 - 41,9	5 a 10	Poliétileno	46,5	11,1
Fibra de Spandex	31,4	7,5	Polipropileno	46,0	11,0
Fibras artificiales (seda - rayón)	16,8	4,0	Poliuretano	25,1	6,0
Fibras naturales (madejas, ovillos fardos)	16,8	4,0	Propano	46,1	11,0
Fibras naturales (en madejas y tejido en ovillos)	16,8	4,0	Propileno	45,8	10,9
Fósforo	25,1	6,0	PVC	20,9	5,0
Gasolina	46,1	11,0	Resina sintética	41,9	10,0
Glicerina	16,8	4,0	Seda	20,9	5,0
Goma dura (ebonita)	33,6	8,0	Seda de acetato	16,8	4,0
Grasas	41,9	10,0	Silicona	13,8 - 19,7	3,3 - 4,7
Gutapercha	46,0	11,0	Tejido de algodón	16,7	4,0
Hidrógeno	142,3	34,0	Virutas de madera	19,2	4,8

Fuente: NFPA. Manual de protección contra incendios. Editorial MAPFRE. 1991

La cantidad de combustible con que una sustancia o material contribuyente a alimentar el fuego de un incendio se mide por su poder calorífico, también llamado calor de combustión. La

tabla anterior entrega el valor de calor de combustión de algunos materiales sólidos, líquidos y gaseosos.

Es importante destacar que el calor de combustión de la mayor parte de los sólidos combustibles ordinarios secos es menor por unidad de peso que el de otros combustibles. Esto tiene importancia para los ingenieros especializados en la protección contra incendios a efecto de calcular el riesgo de incendio causado por una cantidad dada de combustible. Para ello se pesan los materiales combustibles y se hace una suma ponderada con respecto a la cantidad de poder calorífico de cada material con el objeto de determinar, por ejemplo, las exigencias de resistencia al fuego de los elementos estructurales de las construcciones o el caudal óptimo de agua que deben descargar los rociadores automáticos por unidad de superficie.

El método normalizado para obtener el calor de combustión se encuentra en la NCh 1914/2 Ensaye de reacción al fuego - Parte 2: Determinación del calor de combustión de materiales en general.

5.5 Velocidad de combustión, de llamas y de disipación del calor. (ref. 27)

Un factor importante del riesgo de incendio lo constituye siempre la velocidad a que se originan los productos derivados de la combustión, calor, humo o gases tóxicos.

La velocidad de combustión depende en alto grado de la forma del combustible (si la superficie es angulada o redondeada), la cantidad de aire existente, el contenido de humedad y otros factores relacionados con éstos, sin embargo, para que la combustión continúe, es siempre necesario que se produzca una evaporación progresiva de los sólidos por su exposición al calor.

La velocidad de combustión es una función de la rapidez a que tiene lugar una reacción de oxidación y de la velocidad a que el combustible evaporado y el oxígeno se liberan en la zona de combustión. Un caso extremo de lo anterior lo constituyen las explosiones que se producen en condiciones en las cuales el combustible y el agente oxidante se mezclan íntimamente antes de la ignición. En consecuencia, la reacción de la combustión progresa con gran rapidez, al no existir la necesidad previa de mezcla, acompañada de un súbito aumento de la presión.

Por el contrario, en los incendios generalmente la mezcla de combustible y oxidante es fijada por el propio proceso de combustión, y por lo tanto, la velocidad de combustión por unidad de volumen es muy inferior y no se produce el brusco aumento de la presión que caracteriza las explosiones.

Por otra parte, la velocidad de las llamas sobre la superficie de un material puede incidir de forma importante sobre la propagación de un incendio. Ensayos sobre materiales de revestimiento en paredes han demostrado que la velocidad de llamas depende de factores tales como la humedad relativa, el contenido de humedad de los materiales, orientación del material de revestimiento (ángulo con respecto a la horizontal) y un adecuado abastecimiento de aire para que se produzca la oxidación.

Un término que tiene directa relación con la velocidad de combustión y de llamas, es la velocidad de disipación del calor. Merece mucha importancia, la velocidad de disipación del calor de las maderas empleadas en la construcción de edificios, de casas de uso habitacional, y de los muebles que se encuentran en los mismos. Esto es, porque es un factor primordial para vaticinar una posible inflamación súbita generalizada “flashover”.

Si la velocidad de disipación en megavatios/m² excede de $0.75 A/\sqrt{h}$ es probable que se produzca el fenómeno mencionado. Donde A y h son la superficie y altura de la ventana o puerta respectivamente. Sin duda que existen fórmulas más precisas en que se considera las propiedades térmicas de techo y paredes. La velocidad de desprendimiento de calor de la madera depende del flujo de calor radiante, el contenido de humedad, el espesor, la orientación, las condiciones de entorno y la concentración de oxígeno del ambiente. También es función del tiempo, caracterizándose por un ápice inicial y una caída lenta hasta que cesa la llama.

En la actualidad, las pruebas de propagación de las llamas son quizás los más conocidos ensayos de incendios, en donde destaca el “Ensayo del tubo de Steiner”, que se describe en la NFPA 255, Method of Test of Surface Burning Characteristics of Building Materials (Método de ensayo de las características de combustión superficial de los materiales de construcción); la ASTM E 84 y la prueba del panel radiante que se describe en la ASTM E162. Estas pruebas tratan de simular la propagación de la llama sobre una superficie plana y pueden incluir el añadido de un flujo radiante externo conocido. En Chile el análogo a esta norma es la NCh 1977

“Determinación del comportamiento de revestimientos textiles a la acción de una llama” y la NCh 1979 “Determinación del comportamiento de telas a la acción de una llama”.

En el caso de la determinación de la velocidad de liberación de calor se han desarrollado dos métodos normalizados para medir esta velocidad: NFPA 263, Method of Test for Heat, and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products (Método de ensayo para medir la velocidad de liberación de calor y humo visible en materiales y productos) (ASTM E 906); y, la ASTM E 354. Estos ensayos miden la velocidad a la que se produce el calor, generalmente en función de la energía radiante, lo cual permiten ser de utilidad para la estimación del riesgo de incendio.

Aunque los plásticos suelen poseer una temperatura de ignición más alta que la madera y otros productos celulósicos, algunos se inflaman fácilmente con una pequeña llama y arden vigorosamente. Se han detectado velocidades superficiales de propagación de la llama muy altas, hasta aproximadamente 2 pie/s (0,6 m/s), es decir, diez veces la velocidad de la mayoría de las superficies de madera.

Los testigos visuales de incendios en edificios con aislamiento interior de espuma in situ o en planchas, han observado las velocidades de propagación del fuego extremadamente altas producidas a lo largo de la superficie del aislamiento inmediatamente después del comienzo del incendio. Este efecto se debe a que el fuego se pudo haber mantenido latente dentro o detrás del aislamiento, generando grandes cantidades de productos derivados de la combustión que, al no arder y ser prácticamente invisibles, se han ido acumulando bajo la cubierta del techo sin haber sido detectados. Al salir al exterior el fuego inflamó la acumulación de gases, lo que contribuyó a la manifestación instantánea del incendio. La veloz propagación del fuego a lo largo de la superficie del aislamiento se ha observado en uretano y estireno, tanto tratados como no tratados, con productos ignífugantes.

5.6 Índice de oxígeno. (ref. 27)

Puesto que la combustión no es más que una oxidación rápida del material combustible, resulta necesaria la presencia de suficiente cantidad de oxígeno para que el material pueda arder, es decir, un material dado es combustible a partir de una concentración de oxígeno determinada.

El índice de oxígeno (IOL) se define como la concentración mínima de oxígeno (en una mezcla de O_2 y N_2) que es necesaria para que la muestra se inflame a temperatura ambiente cuando es sometida a la acción de una llama.

Por encima de 21% de oxígeno podemos considerar que se trata de un material ignífugo. Cuanto mayor sea el valor de IOL mayor será su grado de ignifugación y menor su inflamabilidad. El método de ensayo se realiza según la Norma ASTM-D-2863. La probeta de material ($100 \times 7 \times 3 \text{ mm}^3$) se coloca dentro de la campana del aparato a través del cual circula un flujo de N_2 y O_2 con proporciones controladas. Se provoca la ignición de la muestra mediante un mechero de gas y se espera su autoextinción.

El material será combustible a una concentración determinada de O_2 si quema durante más de 3 minutos o si la llama se propaga una longitud mayor de 50 mm. El valor se expresa en % de O_2 .

Si bien el IOL se define a temperatura ambiente, la concentración de oxígeno necesaria para que un material arda disminuye si se va aumentando la temperatura.

En un incendio real la temperatura del recinto puede llegar a 1000°C . Aunque el material sea incombustible a 20°C , a una temperatura más alta puede volverse combustible. La temperatura a la cual el material mantiene la combustión con la proporción de oxígeno habitual en la atmósfera, se conoce como Índice de temperatura del material y se expresa en $^\circ\text{C}$.

Tabla 5.8: Índice de oxígeno (IOL) y temperatura de ignición de algunos materiales.

Tipo de fibra	IOL	Temperatura de ignición [$^\circ\text{C}$]	Comportamiento
PVC	37	500	Carbonización, se encoge a bajas temperaturas
Rayón FR	31	500 - 600	Carbonización.
Matriz	29 - 32	315	Carbonización. Encoge a 220°C
Modacrilico	27 - 30	-	Carbonización. Encoge a $140 - 180^\circ\text{C}$
Poliéster FR	28	570 - 600	Fusión a 250°C
Lana FR	32 - 34	290	Carbonización, hinchamiento.
Algodón FR	28 - 32	-	Carbonización.

Fuente: NFPA. Manual de protección contra incendios. Editorial MAPFRE. 1991

5.7 Densidad óptica de humo (Opacidad) (ref. 3, 27, 28, 37 y 38).

En la discusión de la calidad del humo hay dos aspectos o características que se deben tener en consideración. Estos son:

- a) la obscurecencia de la luz causada por el humo y el consecuente peligro de perjudicar la visibilidad, y
- b) la naturaleza toxica de los gases y vapores que constituyen un real peligro a la vida.

La densidad y toxicidad del humo podrían depender del material que se esta quemando, es decir, del combustible. Además, la cantidad total producida dependerá del tamaño del incendio y de la vivienda o edificio en el cual ocurre.

Los productos derivados del petróleo, especialmente los hidrocarburos aromáticos, generan un humo negro con mucho hollín, sin embargo, no existe relación entre el color del humo y la toxicidad de los gases presentes. Sin ir más lejos, el monóxido de carbono es incoloro y representa uno de los gases más tóxicos que se pueden encontrar en un incendio tipo.

La naturaleza del combustible solo afecta a la cantidad de humo producido en tanto que el tamaño del incendio depende de qué se esta quemando y el régimen de éste quemándose. Por lo tanto, este humo podría ser muy denso o no tan denso, pero en cualquier caso estará caliente y conteniendo bastantes productos tóxicos que son peligrosos para la vida, cualquiera sea su densidad.

La densidad es una importante característica de la calidad del humo debido a que reduce la visibilidad e impide la marcha de una persona a escapar desde un incendio. Por conveniencia, la densidad de humo se expresa en términos de visibilidad, y la reducción de ésta, depende de la composición y concentración del humo, el tamaño y distribución de las partículas, la naturaleza de la iluminación, y el estado físico y mental del observador. Puede medirse objetivamente determinando la reducción de la intensidad de un rayo de luz cuando pasa a través de una atmósfera humeante, siendo el obscurecimiento de la luz una medida de la atenuación del rayo de luz cuando pasa a través de la atmósfera de humo.

A partir de lo anterior, la indicación subjetiva de la densidad del humo se puede entender o definir como cuán lejos la gente puede ver a través del humo, y esto podría bien ser la característica más importante sobre el peligro que puede ostentar una determinada cantidad de humo. La mínima visibilidad aceptable en una vía de escape, es al menos de 5 metros.

Las condiciones de densidad óptica de humo pueden tener influencia sobre las facilidades de evacuación de un edificio incendiado, dado que, si esta densidad fuese alta, podría dificultar la orientación de las personas durante la salida. Ello sería particularmente cierto en edificios con recorridos de evacuación largos intrincados, con una elevada proporción de ocupantes ocasionales, que no conocen los recorridos de evacuación principales y/o alternativos. Lo mismo sería aplicable, obviamente, a edificios mayormente ocupados por habitantes frecuentes, pero que no suelen practicar simulacros de evacuación, y por lo tanto, podrían confundirse durante una evacuación en condiciones de pánico y bajo el influjo de una disminución del oxígeno presente en el aire del edificio.

La base física para medir la extinción de luz (opacidad) es la ley de Bouguer, que relaciona la intensidad I_{λ}^0 de luz monocromática incidente de longitud de onda λ , y la intensidad de luz I_{λ} , transmitida a través del humo un tramo L.

$$\frac{I_{\lambda}}{I_{\lambda}^0} = e^{-KL}$$

Donde K es coeficiente de extinción de luz y su unidad es $[m^{-1}]$

Lo mismo, expresado en base 10 queda:

$$\frac{I_{\lambda}}{I_{\lambda}^0} = 10^{-KL}$$

Donde D es la densidad óptica por metro, tal que $D = K/2,3$

El coeficiente de opacidad puede ser expresado en términos de la opacidad por unidad de masa K_m , y la concentración de masa del líquido atomizado del humo, vale decir, del aerosol del humo, como m. Entonces queda:

$$K = K_m \cdot m$$

El coeficiente específico de opacidad K_m , depende de la distribución de tamaño y de las propiedades ópticas del humo a través de la relación:

$$K_m = \frac{3}{2\rho m} \int_{d_{\min}}^{d_{\max}} \frac{1}{d} \frac{\delta m}{\delta d} Q_{ext}(d/\lambda, n_r) \delta d$$

Donde la expresión $\frac{\delta m}{\delta d}$ representa la distribución de tamaños de masa. La eficiencia de opacidad de una sola partícula Q_{ext} , está en función del diámetro de la partícula y la longitud de onda de la luz d/λ , y del índice refractivo complejo n_r .

Seader y Einhorn, obtuvieron valores para K_m de 7,6 m^2/g para humo producido durante combustión con llama de madera y plásticos, y valores de 4,4 m^2/g para humo producido durante pirólisis de estos materiales.

La densidad óptica específica D_s , se mide en un laboratorio de ensaye de humo para establecer la cantidad de humo visible producido por un fuego. La cantidad adimensional D_s se define de la siguiente forma:

$$D_s = \frac{D \cdot V_c}{A}$$

Donde V_c corresponde al volumen de la cámara y A es el área de la muestra.

Si se puede medir la masa perdida de la muestra, entonces la densidad óptica de la masa D_m es la medida apropiada para el humo visible. Luego se tiene que:

$$D_m = \frac{D \cdot V_c}{\Delta M}$$

Esta técnica requiere medir en forma precisa la pérdida de masa de la muestra ΔM , además de la medición de la opacidad.

En la mayoría de los casos de interés práctico, la meta es predecir el coeficiente de opacidad, basándose en información correspondiente a D_s o D_m .

Por otra parte, la base científica en cuanto a lo que dice relación de la visibilidad, parte por conocer el término *contraste*. Así entonces, para ver un objeto, se requiere cierto nivel de contraste entre el objeto y su fondo. Para un objeto aislado rodeado de un fondo uniforme, el contraste C se define:

$$C = \frac{B}{B_o} - 1$$

Donde B corresponde al brillo o luminosidad del objeto, y B_o es la luminosidad de su fondo.

En condiciones diurnas para un objeto negro visto en un fondo blanco se usa el valor $C = -0.02$, como el valor límite en el que apenas se distingue el objeto de su fondo. La visibilidad S , es la distancia a la cual el contraste del objeto se reduce a -0.02 .

La visibilidad depende de los coeficientes de dispersión y absorción del humo, la iluminación de la pieza, si la señal emite o refleja la luz y de la longitud de onda de la luz. También depende de la agudeza visual del individuo y si sus ojos son oscuros o se adaptan a la luz. Como se muestra en la siguiente figura, según estudios, se ha obtenido una relación entre la visibilidad de los sujetos testeados y el coeficiente de extinción del humo.

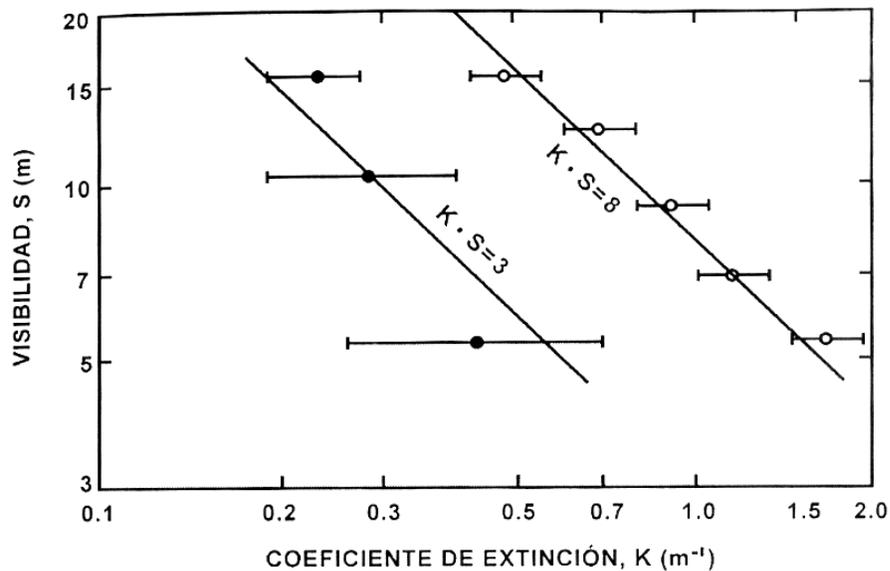


Figura 5.1: Gráfico de visibilidad versus coeficiente de extinción para una señal que emite luz (○) y para una señal que refleja luz (●)

Para correlacionar los datos se usan las siguientes expresiones:

$K \cdot S = 8$, para señales que emiten luz, y

$K \cdot S = 3$, para señales que reflejan la luz.

Se descubrió que la visibilidad de una señal que emite luz es de dos a cuatro veces mayor que una señal que refleja la luz. Para determinar la visibilidad de una señal se propone seguir la siguiente metodología:

a) Calcular la emisión de humo:

$$M_s = \text{factor de conversión de humo } (\epsilon) \cdot \text{masa del material (M)}$$

b) Concentración de masa en la habitación:

$$M = \frac{M_s}{V_c}, \text{ donde } V_c \text{ es el volumen de la cámara.}$$

c) Calcular $K = K_m \cdot m$, con K_m calculado a partir de las aproximaciones de Seader y Einhom.

d) Y finalmente, despejar S de la ecuación que corresponda:

$$K \cdot S = 8, \text{ para señales que emiten luz, y}$$

$$K \cdot S = 3, \text{ para señales que reflejan la luz.}$$

Otro método más directo y por lo tanto más confiable es utilizando la densidad de masa óptica D_m [m^2/g] o densidad óptica específica D_s de la siguiente forma:

a) Utilizando D_m de los datos de la tabla siguiente, se despeja D de la siguiente ecuación:

$$D_m = \frac{D \cdot V_c}{\Delta M}$$

o también se puede despejar D utilizando D_s , el cual se puede obtener de ensayos de cámara de humo, o bien, a partir de la tabla 5.7. Entonces D se despeja de la siguiente ecuación:

$$D_s = \frac{D \cdot V_c}{A}$$

b) Como ya es sabido, la densidad óptica por metro D, se relaciona con el coeficiente de extinción K, mediante la siguiente relación:

$$D = \frac{K}{2.3}$$

c) Finalmente, obtenido el valor de K, se despeja S de la ecuación que corresponda:

$$K \cdot S = 8, \text{ para señales que emiten luz, y}$$

$$K \cdot S = 3, \text{ para señales que reflejan la luz.}$$

Tabla 5.9: Densidad óptica específica y densidad óptica de masa para maderas y plásticos (ref. 3).

Tipo de muestra	Máximo Ds	Dm [m ² /g]	Condiciones de la combustión	Espesor de la muestra* [cm]
Chapa de madera dura	67		flameante	0,6
	600		pirólisis	0,6
Madera laminada	110		flameante	0,6
	290		pirólisis	0,6
Poliestireno	>660		flameante	0,6
	370		pirólisis	0,6
Cloruro de polivinilo (PVC)	>660		flameante	0,6
	300		pirólisis	0,6
Espuma de poliuretano	20		flameante	1,3
	16		pirólisis	1,3
Alfombra de nylon	270		flameante	0,8
	320		pirólisis	0,8
Acrílico	110		flameante	0,6
	160		pirólisis	0,6
Madera laminada	530	0,29	pirólisis	0,6
Polimetilmetacrilato	720	0,15	pirólisis	0,6
PVC (con plastificante)	350	0,64	pirólisis	0,6
Neoprén	880	0,55	pirólisis	0,6
Polipropileno	400	0,53	flameante**	0,4
Polietileno	290	0,29	flameante**	0,4
Cera de parafina	230	0,23	flameante**	0,4
Poliestireno		1,40	flameante**	0,4
Policloruro de vinilo		0,34	flameante**	0,4
Polioximetileno		~0	flameante**	0,4
Poliuretano (7A)	210		flameante	1,3
	150		flameante***	1,3
Lana (8A)	>550		flameante	0,9
	220		flameante***	0,9
Acrílico (98)	58		flameante	0,14
	120		flameante***	0,14
Poliuretano (MO1)		0,33	flameante**	
		0,22	flameante ⁺⁺	
Algodón (MO3)		0,17	flameante**	
		0,12	flameante ⁺⁺	
Látex (MO4)		0,65	flameante**	
		0,44	flameante ⁺⁺	
Neoprén (MO8)		0,40	flameante**	
		0,20	flameante ⁺⁺	
Espuma de poliestireno (16)		0,79	flameante**	
		0,82	flameante ⁺	
ABS (18)		0,52	flameante**	
		0,54	flameante ⁺	
Observaciones: * El área de la muestra es de 0,005 m ² en configuración vertical, a menos que este indicado de otra forma ** La muestra esta en configuración horizontal (0,005 m ²) *** El tamaño de la muestra 0,09 m ² + La muestra es una mesa plástica ++ La muestra es un colchón Ds: Densidad óptica específica. Dm: Densidad óptica de la masa.				

El humo generado por un polímero puede variar notablemente según la naturaleza del polímero, los aditivos que contenga, el tipo de combustión (con llama o latente) y la clase de ventilación a que esté sometido. Son especialmente adecuados ciertos comentarios extraídos del estudio de Gaskill sobre la densidad de los humos.

- La madera y la mayor parte de los materiales poliméricos se degradan pirolíticamente, produciendo humos que varían de densos a muy densos. La ventilación tiende a disminuir la cantidad de humo, pero en muchos casos no reduce su intensidad hasta el punto que permita una visibilidad satisfactoria. Si se le añaden productos ignífugos al polímero (al menos en el caso de los materiales sólidos), el calor y el fuego suelen producir humos muy densos con gran rapidez.
- La madera y los materiales poliméricos que arden limpiamente producen humos, en condiciones de calor y llama, de intensidad algo menor. Cuando existen ignífugos incorporados al polímero (al menos, en el caso de materias sólidas) el calor y las llamas suelen producir en seguida humos muy densos.
- Las espumas de uretano expuestas a fuegos, con llama o sin ella, suelen producir humos densos y, con muy pocas excepciones, el oscurecimiento total se produce en segundos. La exposición al fuego con llama entraña generalmente que los humos comiencen a generarse en menos de quince segundos; las intensidades en estos casos suelen ser mayores que en los fuegos sin llama.

Con el objeto de tener una idea comparativa del efecto de pérdida de visibilidad en ciertos materiales, se puede tener como base la opacidad que ocasiona la madera natural. Así entonces, se tiene que la madera aglomerada puede llegar al doble de opacidad de la madera natural; el corcho produce tres veces más; el cloruro de polivinilo (PVC), diez veces más; y, las espumas de poliuretano, quince veces más de opacidad que la madera natural.

5.8 Análisis de gases. (ref. 3 y 27)

La exposición a los productos de la combustión presenta múltiple riesgos para las personas. Entre los más comunes es la visión limitada producto de la opacidad del humo, quemaduras producto del calor e irritación y narcosis producto de la toxicidad de los gases. Estos efectos generan incapacidad física, pérdida de coordinación motriz, visión reducida, desorientación, y por consiguiente, pérdida de juicio y pánico.

El humo producido por el incendio varia enormemente en naturaleza y contenido. Este variará en apariencia desde colores claros, a raíz de la evaporación del agua, hasta colores oscuros producto del hollín.

Algunos de los elementos de humo son gaseosos y sin color (por ejemplo, el aire, monóxido de carbono, dióxido de carbono, etc.), otros elementos son vapores condensados, finamente dispersos como gotas para formar una nube opaca (extendiéndose desde el vapor de agua hasta condensados alquitranados) y el tipo final de componente será la materia sólida dispersa (similar al hollín) formada por la combustión incompleta del combustible.

Todos los humos de incendios contienen gases que son tóxicos, y si la exposición al humo es prolongada su efecto podría ser fatal. En algunos casos, incluso en cortas exposiciones pueden tener resultados fatales.

Se dispone de tablas de concentraciones de varios gases tóxicos que son peligrosos por exposiciones cortas; y de máximas concentraciones admisibles para exposición prolongada. Por ejemplo: monóxido de carbono (CO), 100 y 4.000 ppm¹ para exposición prolongada y corta respectivamente; dióxido de carbono (CO₂), 5.000 y 100.000 ppm para exposición prolongada y corta respectivamente.

Los gases tóxicos se suelen dividir en tres tipos: asfixiantes, que producen narcosis; irritantes, que generan complicaciones sensoriales y pulmonares; y otros gases, que exhiben características tóxicas inusuales. Sin perjuicio de lo anterior, todo lo que arde, ya sea madera o lana, plásticos o elastómeros, produce mezclas de productos de combustión que pueden clasificarse como muy tóxicos o de extrema toxicidad. En realidad, para fines prácticos, la toxicidad de las atmósferas de los incendios puede ser considerada, en la mayoría de los casos, como peligrosa por los efectos narcóticos producido por el monóxido, cianuro de hidrógeno (ácido cianhídrico) y una reducción en el contenido de oxígeno, asociada a los efectos irritantes de los productos resultantes de la combustión, tales como aldehídos, aminas y ácidos, ya sean orgánicos e inorgánicos. Por consiguiente, en la práctica, la amenaza que representa un incendio viene, en gran parte, determinada por los factores que fijan la dosis, es decir, la cantidad de gas que se generará como resultado de la combustión, con qué rapidez y duración de la exposición.

La dosis es en realidad la expresión de la cantidad a la que está expuesto el sujeto. El término “dosis de exposición” es probablemente más exacto y se ha convertido en el término utilizado en la toxicología de la combustión.

Como ya se mencionó, los agentes tóxicos más comunes como el CO, HCN y CO₂, su grado de peligrosidad se expresa en (ppm) en volumen. Por lo tanto, la dosis de exposición puede ser definida como el producto de la concentración por el tiempo, o sea, ppm/min. Así también se puede hablar de dosis de exposición en el caso del humo, pero como la concentración del humo

¹ Partes por millón

no se puede cuantificar, se hace la aproximación de que esa cantidad es proporcional a cantidad de masa consumida durante el incendio.

Como la principal causa de muerte producto de un incendio es la provocada por la generación de humo y gases tóxicos, se hace imperante considerar medidas que ayuden a minimizar este riesgo, potenciar el estudio del mecanismo de producción del humo, potenciar el estudio de la composición de los productos derivados de la combustión y los efectos sobre la seguridad de las personas, y en particular, potenciar el estudio de la composición y efectos del humo y gases tóxicos derivada de la combustión tanto de materiales de revestimiento como elementos de construcción destinado a uso habitacional

La mayoría de los datos toxicológicos con los que hoy se cuenta son para evaluar la peligrosidad de exposición de larga duración y dichos datos son obtenidos a partir de estudios hechos con ratas y en algunos casos simios, cuya extrapolación con los seres humanos aún está en discusión dentro de la comunidad científica perita en el tema. A continuación se detallan los gases de combustión más comunes y peligrosos junto con sus efectos sobre las personas.

5.8.1 Gases de la combustión y sus efectos:

- **Monóxido de carbono (CO):** Constituye el más peligroso y abundante de los gases desprendidos en un incendio. Se produce debido a la combustión incompleta cuando el carbono presente en los materiales se oxida con insuficiente oxígeno del aire. Su toxicidad deriva a raíz de la afinidad con la hemoglobina en la sangre, es decir, reemplaza el oxígeno de la hemoglobina provocando hipoxia en los tejidos del cuerpo. Estudios realizados con ratas, simios y personas se deduce que saturaciones de COHb (carboxihemoglobina) por sobre el 30% son peligrosas para cualquier persona y saturaciones por sobre el 50% son letales para la mayoría de las personas. Una regla general aproximada es que el producto de la concentración (ppm) por el tiempo (minutos) por sobre los 35.000 ppm-min puede resultar peligrosa para cualquier individuo, sin embargo, esta regla no es aplicable para altas dosis de CO. Así por ejemplo una exposición de 3.500 ppm de concentración de CO por sobre los 10min puede resultar peligroso para mucha gente. Lo anterior se acentúa, o se escapa de la norma, si el individuo expuesto a dosis de CO está por debajo de los 9 años o por sobre los 60, padece de enfermedades cardíacas, son consumidores de drogas o están bajo el efecto del alcohol.
- **Cianuro de hidrógeno (HCN):** El cianuro de hidrógeno puro es un líquido incoloro, muy venenoso y altamente volátil. Tiene un ligero olor amargo a almendras, que algunas personas no pueden detectar debido a un rasgo genético. Se produce por la combustión de materiales naturales o sintéticos que contienen nitrógeno, ejemplo de ello, son la lana, seda, polímeros de acrilonitrilo, nylon, poliuretano y resinas de urea. Una concentración de 300 ppm en el aire es suficiente para matar a un humano en cuestión de minutos. Es aproximadamente 20 veces más tóxico que el CO y su toxicidad se debe al ión cianuro CN^- que inhibe la respiración celular (hipoxia histotóxica). Estudios sobre el efecto tóxico hacia las personas indican lo siguiente:

Tabla 5.10: Estudio de los efectos del HCN para distintas concentraciones y tiempo de exposición.

Concentración [ppm]	Tiempo de exposición [min]	Observación
50	30 - 60	Tolerable
100	30 - 60	Fatal
135	30	Fatal
181	10	Fatal
100	25	Incapacitación
200	3,75	Incapacitación

Fuente: NFPA. Manual de protección contra incendios. Editorial MAPFRE. 1991

Así entonces, como regla general (análoga al del CO) se estima que el producto de la concentración (ppm) por el tiempo de exposición (minutos) puede resultar peligrosa por sobre los 1500 ppm-min. Lo anterior no es aplicable a altas concentraciones, sin embargo, para los valores normalmente generados en los incendios la regla es aplicable. Algunos toxicólogos sostienen que el CO y HCN actúan de forma independiente sobre los efectos tóxicos en las personas, quizás con un ligero efecto aditivo.

- **Anhídrido carbónico o dióxido de carbono (CO₂):** Los incendios generan gran cantidad de este gas producto de la combustión completa de materiales que contienen carbono y se oxidan con el oxígeno del aire. Aunque no es extremadamente tóxico, sus efectos son aumento del ritmo e intensidad de respiración, aumentando la inhalación de compuestos tóxicos e irritantes. Por cada 2% de CO₂ el ritmo de la respiración se incrementa en un 50%, por sobre el 10% de CO₂ se comienzan a experimentar síntomas de mareo, desfallecimiento y dolor de cabeza.
- **Oxígeno insuficiente (O₂):** La cantidad de oxígeno en la atmósfera es alrededor del 21%, si este valor disminuye por debajo del 17% producto del consumo en la combustión de los materiales, las personas expuestas a esa atmósfera pueden experimentar una disminución en la coordinación motriz. Si desciende a niveles entre el 14 y 10%, el individuo se fatiga y comienza a perder el juicio. Entre el 10 y 6% se pierde el conocimiento, por lo tanto, para evitar la muerte, hay que reanimar al individuo con aire fresco y oxígeno.
- **Acroleína (C₃H₄O):** La acroleína es un líquido incoloro o amarillo de olor desagradable. Se disuelve fácilmente en agua y se evapora rápidamente cuando se calienta. Se pueden formar pequeñas cantidades de acroleína y dispersarse por el aire cuando en un incendio están comprometidos materiales celulósicos, y también en la pirólisis del polietileno. La exposición a la acroleína, ocurre principalmente al respirarla produciendo ardor de la nariz, garganta, y puede dañar los pulmones. Hay muy poca información acerca de los efectos de la acroleína sobre la salud, no obstante, la información disponible a partir de experiencias realizadas con simios, indica que inhalar grandes cantidades daña los pulmones, y puede producir la muerte. La inhalación de cantidades más bajas, puede producir lagrimeo de los ojos, ardor de la nariz y garganta, y reducción del ritmo respiratorio.
- **Ácido clorhídrico (HCl):** Ocasionalmente llamado ácido muriático, es una disolución acuosa del gas cloruro de hidrógeno. A temperatura ambiente, el cloruro de hidrógeno es un gas incoloro a ligeramente amarillento, corrosivo, no inflamable, más pesado que el aire, de olor fuertemente irritante. El cloruro de hidrógeno puede formarse durante la

quema de muchos plásticos, en particular, de la combustión de materiales que están compuestos por cloro, como el cloruro de polivinilo (PVC), y cuando entra en contacto con el agua, forma ácido clorhídrico. La exposición breve a bajos niveles (75ppm) produce irritación de la garganta. La exposición a niveles más altos puede producir respiración jadeante, estrechamiento de los bronquiolos, coloración azul de la piel, acumulación de líquido en los pulmones e incluso la muerte. La exposición a niveles aún más altos puede producir hinchazón y espasmos de la garganta y asfixia. Existe una gran controversia sobre qué concentraciones de HCl son peligrosas para los seres humanos. Aunque se han realizado numerosos estudios sobre los efectos agudos del HCl en roedores, no está claro si los datos de mortalidad de los roedores se pueden extrapolar directamente a los seres humanos, dadas las diferencias anatómicas en el tracto respiratorio de los roedores y primates.

- **Óxidos de nitrógeno (NO₂ y NO):** Los óxidos de nitrógeno (NO_x) son unos compuestos formados por nitrógeno y oxígeno que se originan a partir de la combustión con exceso de oxígeno y altas temperaturas. El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno constituyen dos de los óxidos de nitrógeno más importantes toxicológicamente hablando. Estudios realizados con ratas expuestas a NO₂ en condiciones de prueba de toxicidad de humo, indican que este gas tiene una potencia tóxica letal comparable a la del HCN. Por otra parte, la potencia letal del NO es sólo la quinta parte del NO₂. La toxicidad del NO_x se debe a sus propiedades como irritante pulmonar.
- **Otros productos tóxicos:** El resto de productos tóxicos que se generan en un incendio dependen de muchas variables, entre otras: composición química del material en combustión, oxígeno disponible y temperatura. En estudios de humos se ha encontrado la presencia de anhídrido sulfuroso, amoníaco, óxidos de nitrógeno, bromuro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno, isocianatos, compuestos fosforosos, y una gran variedad de hidrocarburos volátiles. Lamentablemente no existen estudios sobre la peligrosidad en los seres humanos expuestos a una atmósfera compuesta por estos agentes tóxicos, sin embargo, se ha sugerido que una pérdida de masa de los materiales durante la combustión de 10 g/m³ es probable que suponga una concentración de productos tóxicos altamente peligrosa.
- **Mezclas de gases procedentes del incendio:** Independiente de los efectos de cada gas por separado, la mezcla puede producir una suma de sus propiedades tóxicas para la incapacidad o muerte sobre las personas expuestas, de acuerdo a lo que demuestran los estudios hechos con ratas. Gases tóxicos que al combinarse proporcionalmente producen efectos mayores que en forma individual. Estudios muestran que algunos de estas mezclas de gases son peligrosos:
 - Mezcla de CO y HCl: Una dosis con una determinada concentración de CO es mucho más peligrosa cuando la atmósfera de exposición está contaminada con HCl, a mismos niveles de concentración de CO, y viceversa, es decir, se produce un efecto aditivo.
 - Mezcla de HCl y HCN: Al igual que el caso anterior, se produce un efecto aditivo. De hecho, estudios han demostrado que dosis fraccionales efectivas de HCl y HCN han causado la muerte en ratas de laboratorio cuando por separado no existe tal peligro de muerte.
 - Mezclas de CO₂, CO y HCl: El estímulo de la respiración producto del CO₂ aumenta los efectos del CO y HCl al encontrarse mezclados.

Como el origen de estos gases depende principalmente de los materiales que estén comprometidos en un incendio, la siguiente tabla, resume a grandes rasgos los principales gases tóxicos que son liberados cuando entra en combustión ciertos materiales.

Tabla 5.11: Gas predominante que expelen algunos materiales.

Carburante	Gas predominante
Seda, nylon, lana, poliuretano, papel, forros plásticos	Ácido cianhídrico
Madera, carbón, combustibles, combustión incompleta de sustancias orgánicas	Monóxido de carbono
Solventes, removedores de pintura, forros, tuberías de PVC	Fosgeno
Resinas de Melanina, nylon, poliuretano	Amoniaco
PVC (usado como aislantes de alambres, muebles, textiles)	Cloruro de hidrógeno

5.8.2 Ensayos de toxicidad de productos de la combustión

Como se mencionó anteriormente, los ensayos de toxicidad del humo producido por un material en combustión se efectúan mediante la exposición de animales, generalmente ratas, en un intervalo de tiempo determinado, donde se mide la incapacidad de las mismas para distintos grados de concentración de humo. Dicha concentración corresponde a la masa del material ensayado, por unidad de volumen de la cámara de ensayo. Los resultados expresan el porcentaje de animales afectados dentro de un tiempo determinado, por el logarítmico de la concentración. Así se obtienen parámetros como el EC_{50} , que representan un parámetro general y se emplea para describir cualquier observación del animal, el LC_{50} e IC_{50} definen la concentración que provoca la muerte y la incapacidad respectivamente del 50% de los animales.

Otros ensayos definen la rapidez en tiempo con que una atmósfera tóxica puede causar la muerte o incapacidad en los animales. Si se ensayas diferentes atmósferas, (con diferentes concentraciones de humo), hasta el tiempo que causa la muerte o incapacidad, se puede obtener un gráfico concentración v/s tiempo. Los métodos de ensayos más comunes para estos efectos son los que se detallan a continuación:

- a) **Método DIN:** el método “DIN 53436” (del Deutches Institute fuer Normung²), se caracteriza por el uso de de un horno tubular anular móvil que funciona a temperatura constante, con productos procedentes del fuego que se diluyen con aire, se obtienen curvas concentración v/s respuesta y se exige para materiales de construcción “incombustibles”.
- b) **Método NBS:** El ensayo NBS (Nacional Institute of Standards and Technology de los Estados Unidos) consiste en un sistema estático cuyo horno funciona justo por encima y por debajo de la temperatura de autoignición de la muestra. Se obtienen curvas de concentración v/s respuesta (mortalidad) tras exposiciones cada 30 minutos de las ratas hasta por un período de 14 días.
- c) **Método UPITT:** El ensayo UPITT (de la Universalidad de Pittsburg, Estados Unidos) consiste en exponer a los ratones a un sistema dinámico (flujo continuo): La exposición dura 30 minutos: se obtienen curvas de concentración v/s respuesta y tiempo hasta la muerte. Lamentablemente los valores de LC_{50} no se pueden comparar con los del

² Instituto Alemán de Normalización

método NBS y sólo son exigidos en el Estado de Nueva York para determinados materiales de construcción.

- d) Método Japonés:** En este ensayo se utiliza un horno que proporciona calor radiante y se exponen los ratones a un sistema dinámico. Se miden los tiempos de incapacidad y se comparan con los efectos producidos por los gases de la lana vegetal roja como material de referencia. Este ensayo es exigido en Japón para materiales “semi-incombustibles” y “retardantes” utilizados como revestimiento interno de determinados tipos de edificios.
- e) Método del horno radiante:** Consiste en una cámara cilíndrica de cuarzo montada horizontalmente y conectada a la cámara donde están los animales mediante un tubo rectangular. Lo distintivo de este método es que permite obtener un “índice de riesgo potencial de toxicidad” para clasificar los materiales de ensayo combinando el tiempo hasta la ignición, su velocidad de descomposición y su potencia tóxica. Estos datos, junto con los de pérdida de masa de la muestra durante la prueba, se utilizan después de calcular la LC_{50} de la prueba durante 30 minutos.

En resumen, los métodos de ensayos antes descritos dan dos tipos de información útil: el tipo o tipos principales de intoxicación, es decir, si es por asfixia, irritación sensorial o pulmonar, etc.; y la potencia tóxica letal (LC_{50}) de los humos. Sin embargo, este último parámetro presenta las siguientes limitaciones:

- No hay un solo instrumento de laboratorio que sirva para la combustión de todos los materiales y productos, y en todo tipo de fuegos. Por lo tanto, no existe un “ensayo universal de toxicidad” de los humos. Además, el incendio que se simula en laboratorio no se asemeja en algunos casos a realidad, ejemplo de ello es que las concentraciones de CO son inferiores a las de un incendio tipo, luego el valor de LC_{50} se debe ajustar para poder utilizarlo en los cálculos de riesgo.
- Todos los valores de LC_{50} tienen su correspondiente nivel de confianza estadística, sin embargo, si se compara con la de otros laboratorios, puede variar hasta en 2.5 veces.
- La potencia tóxica letal se puede extrapolar a los seres humanos con un margen de confianza razonable en cuanto a los asfixiantes y la irritación pulmonar, no así, la irritación sensorial.
- Estos ensayos no miden directamente los efectos incapacitantes de la inhalación del humo, ésta se debe deducir de los valores de la potencia tóxica letal.

5.9 Combustibilidad. (ref. 10 y 27)

Los géneros sin tejer se fabrican con distintas fibras encoladas, puede ser antes de endurecerlas en el proceso de hilatura o bien por medio de adhesivos tipo látex. Se utilizan como artículos desechables y a algunos se les aplican tratamientos ignífugos.

La inflamabilidad, velocidad de propagación de la llama y disipación de calor, calor total liberado, contracción y facilidad de extinción de los productos textiles, son hechos que dependen del contenido en fibra, peso y confección. El acabado no afecta generalmente a estas propiedades, a menos que sean ignífugas.

La tabla siguiente incluye una relación de fibras textiles comunes, algunas de sus propiedades de combustión y su empleo. Los datos proceden de distintas fuentes. El comportamiento en la combustión se basa en ensayos a pequeña escala y puede conducir a error en el caso de grandes fuegos o radiaciones intensas. En estos casos las características de combustión de los tejidos pueden variar. Incluso tejidos considerados ignífugos pueden quemarse rápidamente.

Tabla 5.12: Comportamiento a la combustión de algunos textiles.

Tipo de fibra	Temperaturas °C				Comportamiento a la combustión	Uso
	Descomp.	Fusión	Ignición	Combustión		
Naturales						
Celulósicas: algodón, cáñamo, yute, lino, sisal, etc.	305-320	-	255-400	850	Carbonización, arden, incandescencia residual	Ropa, decoración, toallas, cordelería.
Proteínicas: lana, cachemir, pelo de camello, etc.	230	-	570-600	940	Carbonización, hinchamiento, mayor dificultad al arder que las celulósicas.	Ropa, mantas, moquetas, tapetes.
Sintéticas						
Acetato	300	260	440-525	960	Fusión, arde	Ropa, lencería, decoración.
Acrílicas	285-310	-	460-560	850	Carbonización, hinchamiento, arden.	Ropa, decoración, mantas, moquetas.
nylon	315-420	215-255	450-570	875	Fusión, escisión, arde	Ropa, lencería, decoración, moquetas, cordelería, usos industriales.
Olefínicas (polipropileno)	400	165	500-570	840	Fusión, escisión, arde	Ropa de punto, moquetas, cordelería, tapetes, usos industriales.
Poliéster	360-400	250-300	450-560	700-725	Fusión, escisión, arde	Ropa, lencería, decoración, moquetas, mantas cordelería, usos industriales.
Rayón (viscosa)	290	-	420	850	Carbonización, arden	Ropa, lencería, decoración.
Spandex	305-355	230-250	415	ND	Fusión, arden	Lencería donde se quiere que estire.

Fuente: NFPA. Manual de protección contra incendios. Editorial MAPFRE. 1991

CAPÍTULO VI CUALIDADES TÉRMICAS

6.1 Conductividad térmica (ref. 5, 6, 7, 25, 37 y 38)

La conductividad térmica es la cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras.

En términos prácticos, la conductividad térmica (simbolizada como λ), es la capacidad que tiene un material para conducir calor a través de él y es una propiedad que no depende del espesor, sino más bien es una característica propia de cada material.

El coeficiente λ se mide en forma empírica en laboratorios según la norma NCh850 o NCh851 bajo un método normalizado y su unidad de medida es W/m·K.

La NCh850 y la NCh851 establecen un procedimiento para la determinación de la conductividad térmica, bajo régimen de flujo estacionario por el método del anillo de guarda. Esta norma se aplica a materiales homogéneos especialmente usados en la construcción como aislantes térmicos y cuyas características de densidad, humedad y temperatura media sean conocidas. El método sólo es útil para la determinación de la conductividad térmica de temperaturas comprendidas entre los 273 K (0°C) y 373 K (100°C) aproximadamente.

El método del anillo de guarda permite determinar la conductividad térmica en probetas de materiales de construcción, en particular, de aislantes térmicos y otros materiales, en forma de planchas, siempre que su coeficiente de transmisión térmica no exceda 60 W/(m²·K) y que el espesor de las probetas cumpla con los requisitos de tamaño pertinentes (Relación entre espesor máximo de la probeta y las dimensiones mínimas de la placa de guarda). Los resultados de las mediciones de la conductividad térmica son aplicables sólo a las muestras en las condiciones en que han sido ensayadas; por esto es indispensable indicar las características de los materiales sometidos a ensayo. La conductividad térmica del material puede variar debido a:

- Variaciones de material en las probetas.

Algunos materiales no son isótropos con respecto a la conductividad térmica, es por ello que debe especificarse en la aplicación del informe que se desarrolla en el laboratorio.

- Diferencias en el contenido de humedad.

La conductividad térmica del agua líquida con densidad aparente de 1000 kg/m³ varía entre 0.59 y 0.69 W/(m·K) según la temperatura (entre 0 y 94°C respectivamente), mientras que la conductividad térmica del aire quieto varía entre los 0.024 y 0.031 W/(m·K) para temperaturas que oscilan entre 0 y 100 °C respectivamente. Por lo tanto, si los huecos de aire de algún elemento de construcción son ocupados por agua aumenta considerablemente la conductividad térmica y por consiguiente, pierde calidad aislante. Ejemplo de ello es el ladrillo que puede aumentar hasta en 25 veces la conductividad térmica.

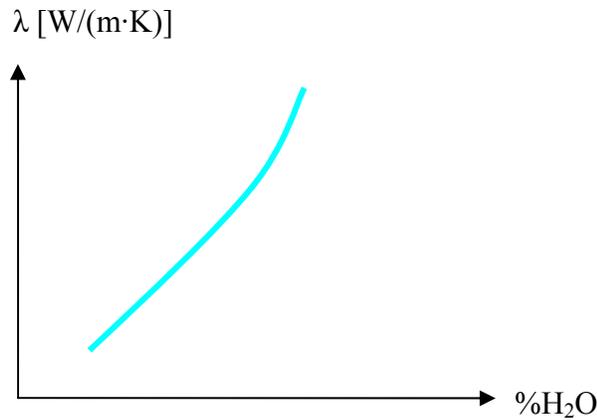


Figura 6.1: Gráfico ejemplo de la relación que existe entre la conductividad térmica y la humedad.

- Alteraciones sufridas por variaciones de temperatura.

Mientras mayor es la temperatura, mayor es la conductividad. A los 0 K las partículas están totalmente quietas por lo tanto no se transmite calor entre una partícula a otra

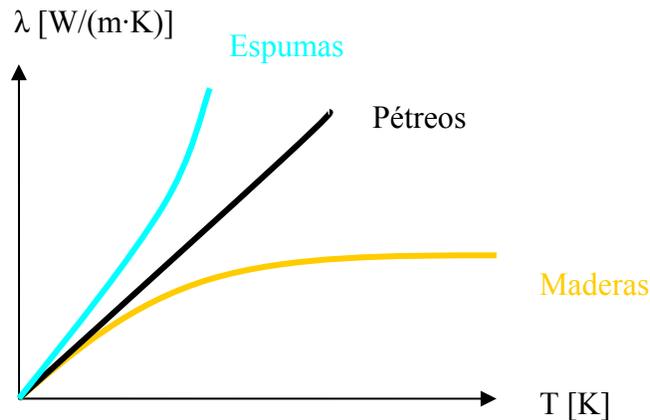


Figura 6.2: Gráfico ejemplo de la relación que existe entre la conductividad térmica y la temperatura.

- Densidad.

Cuando las moléculas de aire son muy pequeñas no hay convección, sino que la transmisión del calor se produce por conducción, sin embargo, cuando hay mucho aire en el material la conductividad se produce por convección. Por lo tanto se produce un $\lambda_{\text{mínimo}}$ (como muestra el siguiente gráfico) para el cual la densidad es óptima para efectos de materiales cuya función es aislar la vivienda.

Producto de lo anterior, es que en las especificaciones técnicas (EETT) de algún proyecto orientado a uso habitacional se exige un mínimo de densidad para el

caso de materiales tales como el poliestireno expandido, lana mineral y lana de vidrio.

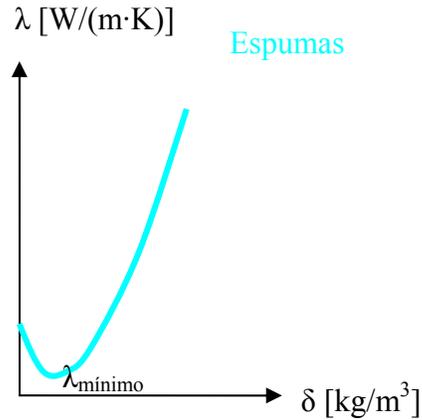
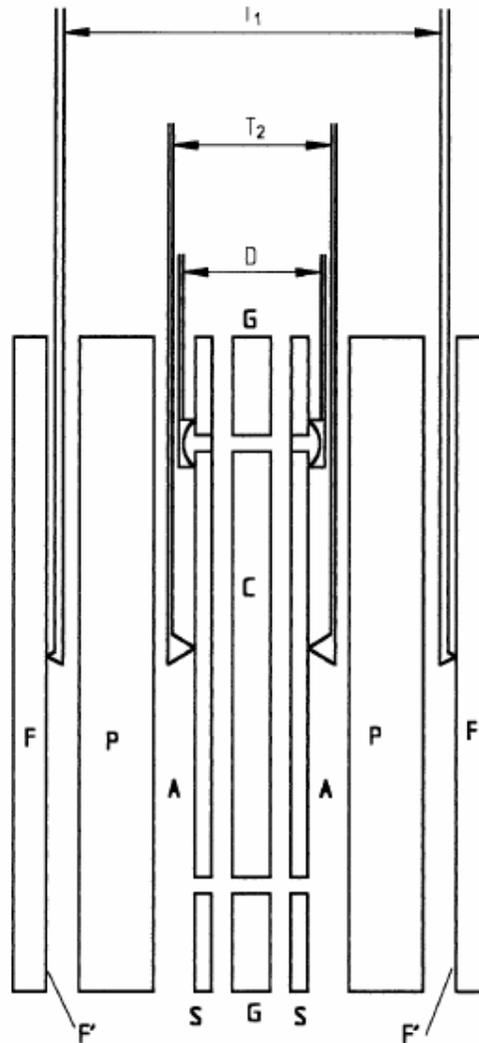


Figura 6.3: Gráfico ejemplo de la relación que existe entre la conductividad térmica y la densidad.

En el caso de los materiales de construcción, se clasifican como aislantes térmicos aquellos cuyo coeficiente λ es inferior a 0,10 W/m·K, es decir mientras menor sea el coeficiente λ , el material será mejor aislante térmico.

Un esquema de del aparato de placas térmicas con anillo de guarda, se representa a continuación.



- | | | |
|-------------------------|---|---------------------|
| | C: Placa caliente. | } Sección central |
| Unidad de calentamiento | A: Placa de superficies centrales. | |
| | G: Anillo de guarda. | } Sección de guarda |
| | S: Placa de superficies de guarda. | |
| Unidad de refrigeración | F: Placas frías. | |
| | F': superficies frías. | |
| | P: Probetas | |
| | D: diferenciales (diferencias de temperatura entre A y S) | |
| Termopares | T ₂ : En superficies de A (cartas calientes) | |
| | T ₁ : En superficies de F' (cartas frías) | |

Figura 6.4: Esquema del aparato de placas térmicas con anillo de guarda, NCh 850

Por otra parte, la NCh 851 establece un método que permite determinar, experimentalmente, los coeficientes de transmisión térmica por el método de la cámara térmica, el cual es especialmente aplicable a elementos empleados en la construcción de edificios tales como muros perimetrales, tabiques, entre otros. El método es útil para medir probetas razonablemente representativas de los elementos constructivos o componentes, que normalmente tengan caras planas y paralelas.

Este método se diferencia del método del anillo de guarda, en que admite probetas de elementos de construcción no homogéneos tales como muros, tabiques, antepechos, hojas de puertas, elementos vidriados, u otros similares. El método es aplicable cuando son conocidos y especificados la densidad aparente, temperatura media y contenido de humedad.

La cámara térmica consta de tres cámaras, que son cajas abiertas por uno de sus lados. Éstas son: cámara de medición, cuya abertura determina el área de medición; cámara de guarda, que es una caja de mediciones mayores que rodea la cámara de medición por sus cinco costados; y la cámara fría, que es una caja de dimensiones similares a la cámara de guarda y colocada simétricamente respecto a ésta, al otro lado de la probeta.

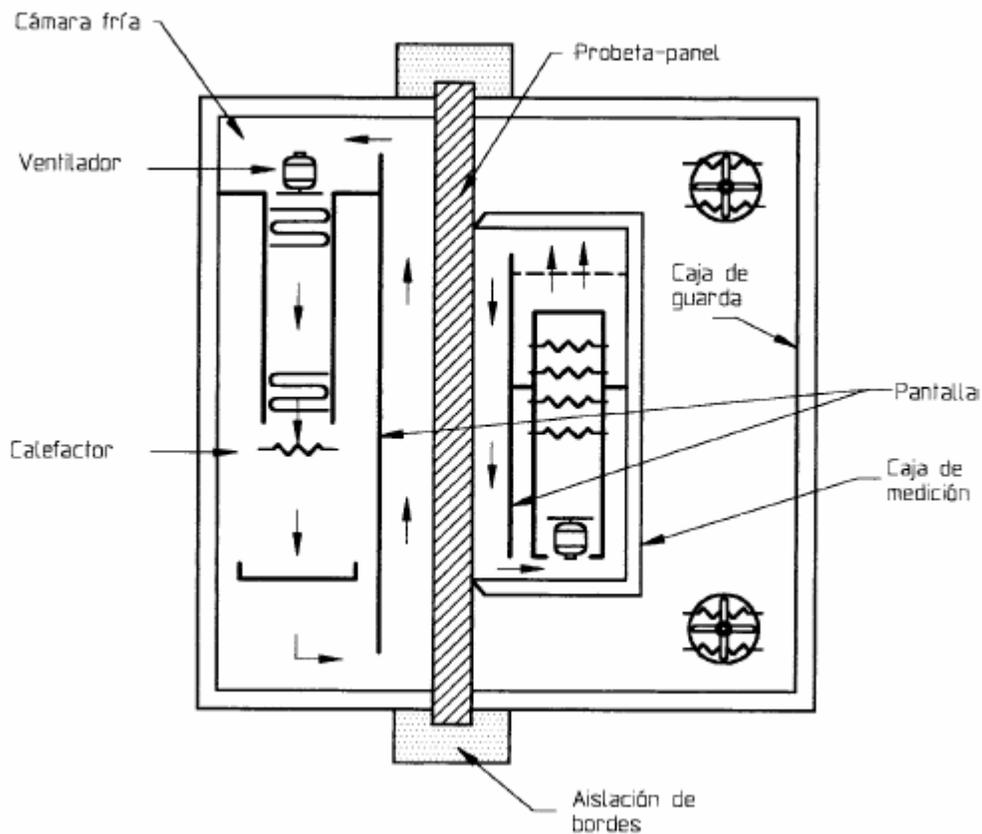


Figura 6.5: Vista en planta de la cámara térmica, NCh 851.

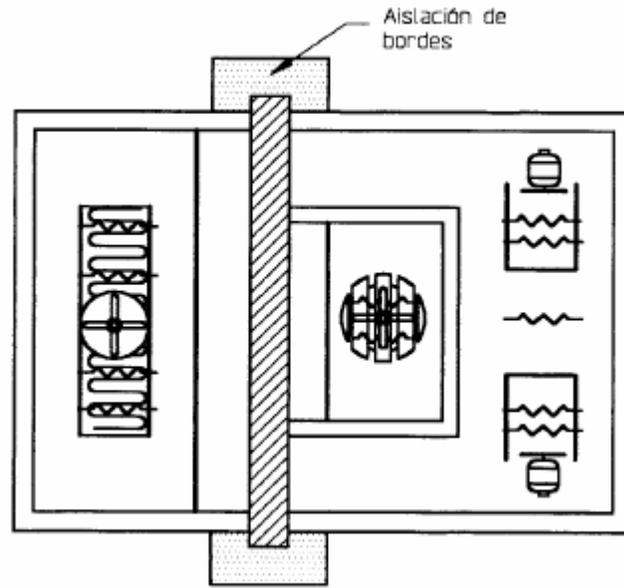


Figura 6.6: Vista lateral de la cámara térmica, NCh 851.

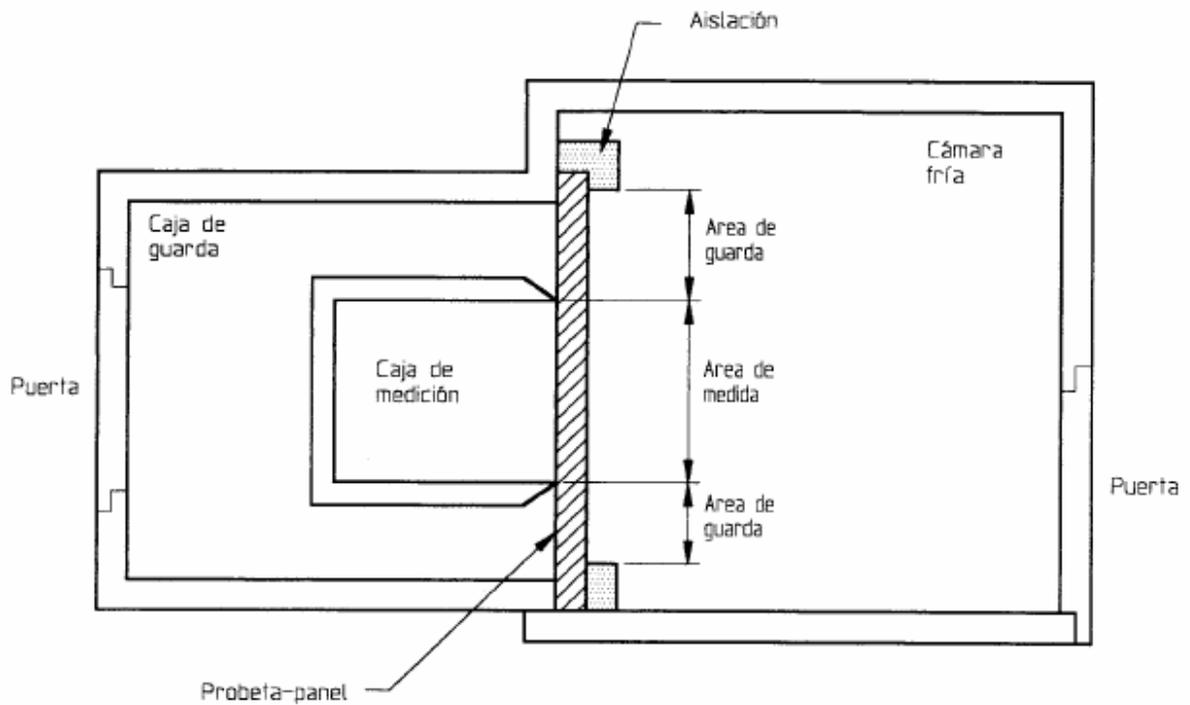


Figura 6.7: Otra alternativa de montaje que se puede dar para formar una cámara térmica, NCh 851

A continuación, la conductividad térmica de algunos materiales, las cuales están determinadas de acuerdo a las condiciones ideales de laboratorio, es decir, a temperatura ambiente de 20°C, los materiales sólidos están secos, etc.

Tabla 6.1: Conductividad térmica en materiales. Fuente: NCh 853.

Material	Densidad aparente	Conductividad térmica, λ
	kg/m ³	W/(m·K)
Acero	-	40
Agua líquida a 0°C	1000	0,59
Agua líquida a 94°C	1000	0,69
Aire quieto a 0°C	0,0012	0,024
Aire quieto a 100°C	-	0,031
Adobe	1100 - 1800	0,9
Aluminio	2700	210
Arcilla	2100	0,93
Arcilla expandida	300	0,09
	450	0,11
Arena	1500	0,58
Aserrín de madera	190	0,06
Asfaltos	1700	0,7
Azulejos	-	1,05
Baldosas cerámicas	-	1,75
Betún	1050	0,16
Bronce	8500	64
Cascote de ladrillo	1300	0,41
Cobre	8930	380
Enlucido de yeso	800	0,35
	1000	0,44
	1200	0,56
Escorias	800	0,25
	1000	0,29
	1200	0,34
	1400	0,41
Enlucido de yeso con perlita	570	0,18
Fibro-cemento	920	0,22
	1000	0,23
	1135	0,23
Fundición y acero	7850	58
Grava rodada o de machaqueo	1700	0,81
Hormigón armado (normal)	2400	1,63
Hormigón con áridos ligeros	1000	0,33
	1400	0,55
Hormigón celular con áridos silíceos	600	0,34
	1000	0,67
	1400	1,09
Hormigón celular sin áridos	305	0,09
Hormigón en masa con grava normal:		
- con áridos ligeros	1600	0,73
- con áridos ordinarios, sin vibrar	2000	1,16

Tabla 6.1: Conductividad térmica en materiales. Fuente: NCh 853 (continuación).

Material	Densidad aparente	Conductividad térmica, λ
	kg/m ³	W/(m·K)
Hormigón en masa con arcilla expandida	500	0,12
	1500	0,55
Hormigón con cenizas	1000	0,41
Hormigón con escorias de altos hornos	600	0,17
	800	0,22
	1000	0,3
Hormigón normal con áridos silíceos	600	0,34
	800	0,49
	1000	0,67
Hormigón de viruta de madera	450 - 650	0,26
Hormigón de fibras de madera	300 - 400	0,12
	400 - 500	0,14
	500 - 600	0,16
Hormigón liviano a base de cascarilla de arroz	570	0,128
	780	0,186
	850	0,209
	1200	0,326
Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	260	0,088
	320	0,105
	430	0,134
	640	0,215
	840	0,269
	1100	0,387
Ladrillo macizo hecho a máquina	1000	0,46
	1200	0,52
	1400	0,6
	1800	0,79
	2000	1
Ladrillo hecho a mano	-	0,5
Láminas bituminosas	1100	0,19
Lana de amianto	100	0,061
	200	0,063
	400	0,12
Lana mineral, colchoneta libre	40	0,042
	50	0,041
	70	0,038
	90	0,037
	110	0,04
	120	0,042

Tabla 6.1: Conductividad térmica en materiales. Fuente: NCh 853 (continuación).

Material	Densidad aparente	Conductividad térmica, λ
	kg/m ³	W/(m·K)
Lana mineral granulada	20	0,069
	30	0,06
	40	0,055
	60	0,048
	80	0,044
	100	0,041
	120	0,042
	140	0,042
Linóleo	1200	0,19
Maderas		
- álamo	-	0,091
- alerce	-	0,134
- coigüe	-	0,145
- lingue	-	0,136
- pino insigne	-	0,104
- raulí	-	0,121
- roble	-	0,157
Maderas, tableros aglomerados de partículas:	400	0,095
	420	0,094
	460	0,098
	560	0,102
	600	0,103
	620	0,105
	650	0,106
Maderas, tableros de fibra	850	0,23
	930	0,26
	1030	0,28
Mármol	2500 - 2850	2,0 - 3,5
Moquetas - alfombras	1000	0,05
Mortero de cal y bastardos	1600	0,87
Mortero de cemento	2000	1,4
Papel	1000	0,13
Perlita expandida	90	0,05
Plancha de corcho	100	0,04
	200	0,047
	300	0,058
	400	0,066
	500	0,074
Plomo	11300	35
Poliestireno expandido	10	0,043
	15	0,0413
	20	0,0384
	30	0,0361

Tabla 6.1: Conductividad térmica en materiales. Fuente: NCh 853 (continuación).

Material	Densidad aparente	Conductividad térmica, λ
	kg/m ³	W/(m·K)
Poliuretano expandido	25	0,0272
	30	0,0262
	40	0,025
	45	0,0245
	60	0,0254
	70	0,0274
Productos minerales en polvo		
(kiselgur, polvo mineral)	200	0,08
	400	0,12
	600	0,16
	800	0,21
	1000	0,27
	1200	0,34
	1400	0,4
Rocas compactadas	2500 - 3000	3,5
Rocas porosas	1700 - 2500	2,33
Vermiculita en partículas	99	0,047
Vermiculita expandida	100	0,07
Vidrio plano	2500	1,2
Yeso Cartón	650	0,24
	700	0,26
	870	0,31

6.2 Dilatación térmica (ref. 19 y 20)

Los efectos más comunes que ocasionan las variaciones de temperatura en los cuerpos o sustancias, son los cambios de sus dimensiones y los cambios de fase, es decir, a los cambios de dimensiones de los cuerpos sin que se produzcan cambios de fase.

Se entiende por dilatación al cambio de dimensiones que experimentan los sólidos, líquidos y gases cuando se varía la temperatura, permaneciendo la presión constante. La mayoría de los sistemas aumentan sus dimensiones cuando se aumenta la temperatura.

Para el caso de la dilatación de elementos sólidos, la dilatación térmica corresponde al cambio de cualquier dimensión lineal del sólido tal como su longitud, alto o ancho, que se produce al aumentar su temperatura. Generalmente se observa la dilatación lineal al tomar un trozo de material en forma de barra o alambre de pequeña sección, sometido a un cambio de temperatura, el aumento que experimentan las otras dimensiones son despreciables frente a la longitud. Si la longitud de esta dimensión lineal es L_0 , a la temperatura t_0 y se aumenta la temperatura a t , como consecuencia de este cambio de temperatura, simbolizado por Δt , se aumenta la longitud de la barra o del alambre produciendo un incremento de longitud que se simbolizará como ΔL

Experimentalmente se encuentra que el cambio de longitud es proporcional al cambio de temperatura y la longitud inicial. L_0 . Esto se expresa de la siguiente forma:

$$\Delta L \propto L_0 \cdot \Delta t \quad \text{o bien que} \quad \Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta t$$

Donde α es un coeficiente de proporcionalidad, que se denomina “coeficiente de dilatación lineal”, y que es distinto para cada material.

En estricto rigor, el valor de α depende de la temperatura real y de la temperatura de referencia que se escoja para determinar L . Sin embargo, casi siempre se puede ignorar su variación, comparada con la precisión necesaria en las medidas de la ingeniería. Por lo tanto, se puede con bastante seguridad, suponerla como una constante independiente de la temperatura en un material dado.

En la Tabla siguiente se presenta un detalle de los valores experimentales del coeficiente de dilatación lineal promedio de sólidos comunes.

Tabla 6.2: Coeficiente de dilatación térmica¹.

Sustancia	α [°C ⁻¹] x 10 ⁻⁶
Acero	12
Aluminio	23-25
Bronce	19
Carbono	
- Diamante	1,2
- Grafito	7,9
Cobre	17
Cuarzo	0,6
Concreto	12
Hielo	52
Hierro	12
Hule duro	80
Invar (aleación Ni-Fe)	0,9
Latón	19
Madera	despreciable
Mercurio	182
Oro	14
Plomo	29
Vidrio	
- común	9
- pyrex	3.2-3.3
Zinc	26

El cambio porcentual de la longitud de muchos sólidos, llamados isotrópicos, asociados con un cambio dado de la temperatura, es el mismo sobre cualquier línea del sólido. La dilatación es totalmente análoga a una amplificación fotográfica, excepto en que el sólido es tridimensional. Si tenemos una lámina delgada en la que se practica un orificio, el cambio $\Delta L / L = \alpha \Delta T$ para una ΔT dada es el mismo para la longitud, el espesor, la diagonal de una cara, la diagonal del cuerpo y el diámetro del orificio. En la figura siguiente se muestra la analogía con una amplificación fotográfica.

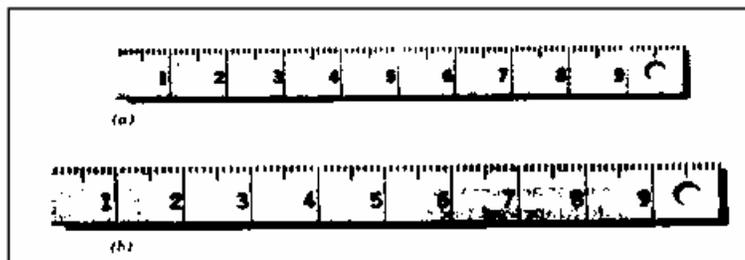


Figura 6.8: Ejemplo de dilatación térmica superficial

¹ Los valores son aplicables dentro del intervalo de 0°C a 100°C, excepto para el hielo, que es desde -10°C a 0°C.

En la dilatación, todas las dimensiones aumentan en la misma proporción: la escala, los números, el orificio y el espesor aumentan todos en el mismo factor, (la dilatación mostrada, está obviamente exagerada, ya que correspondería a un aumento imaginario de unos 100 000 °C en la temperatura.

Teniendo en cuenta estas ideas, se puede demostrar con un alto grado de precisión, que el cambio fraccional en el área A por cada cambio de un grado en la temperatura en un sólido isotópico es 2α , es decir:

$$\Delta A = 2 \cdot \alpha \cdot A \cdot \Delta t$$

Y que el cambio fraccional en volumen V por cada cambio de un grado de temperatura en un cuerpo isotrópico es 3α , es decir,

$$\Delta V = 3 \cdot \alpha \cdot V \cdot \Delta t$$

CAPÍTULO VII ESTUDIO DE LA NORMATIVA

Este capítulo está enfocado al estudio de la normativa tanto nacional como extranjera de acuerdo a los temas que se han tocado en el desarrollo de este trabajo de título, vale decir, del estudio del comportamiento al fuego que tienen los elementos de construcción que componen una vivienda, en particular, el estudio de la resistencia al fuego de elementos de construcción y de las cualidades pirógenas y térmicas de algunos materiales, dándole mayor énfasis a aquellos usados como revestimiento, entre otros, la madera y sus derivados celulósicos, pinturas, algunos textiles tanto naturales como sintéticos, etc.

7.1 Normativa nacional. (ref. 4 y 21)

La preocupación por potenciar la protección pasiva contra el fuego en la normativa nacional se remonta al año 1975 como consecuencia del incendio del edificio Joelma de Sao Paulo, Brasil, en donde murieron alrededor de 200 personas. Sin embargo, tuvieron que pasar 6 años para que se añadiera un capítulo en la OGUC denominado “De las condiciones de Seguridad Contra Incendios”, y fue a raíz del incendio de la Torre Santa María.

Con la entrada en vigencia de esta nueva normativa, las empresas ligadas al área de la construcción se vieron en la obligación de implementar nuevas soluciones constructivas, crear e importar nuevos productos de tal modo de cumplir con las exigencias que estipula dicho capítulo.

En el ámbito de la normalización, a partir de septiembre de 1995, ha correspondido al Instituto Nacional de Normalización (INN) aceptar el "Código de Buena Conducta para la Elaboración, Adopción y Aplicación de Normas". Este código establece que, la institución con actividades de normalización utilizará las normas internacionales o los elementos pertinentes como base de las normas que elabore salvo en el caso de que esas normas o elementos no sean eficaces o apropiados, por ejemplo, por ofrecer un nivel insuficiente de protección, o por factores climáticos u otros factores geográficos fundamentales, o por problemas tecnológicos fundamentales.

En este contexto, la elaboración de normas técnicas chilenas consideran como base de estudio las normas internacionales correspondientes, (ISO, IEC, etc.), tratando de que las desviaciones o modificaciones con respecto a ellas sean mínimas. En el caso de no existir normas internacionales se utilizan normas nacionales u otras que se estimen convenientes.

Cabe destacar que las normas técnicas son de aplicación voluntaria y solo tienen aplicación obligatoria cuando forman parte de un contrato entre las partes, de una reglamentación técnica dictada por una autoridad competente o cuando se cita en forma expresa en decretos o en otras disposiciones legales. De acuerdo con la OMC, (Organización Mundial del Comercio) las normas deben declararse de cumplimiento obligatorio cuando el tema involucra: la protección de la salud o seguridad humana, de la vida o de la salud animal o vegetal o del medio ambiente; aspectos de seguridad nacional o la prevención de prácticas que puedan inducir a error.

Respecto a las normas de cumplimiento obligatorio, Chile debe notificar a los países miembros de la OMC de estas disposiciones antes de que la Norma se declare Norma Chilena Oficial de la República, de manera que si algún país miembro tiene reparos respecto a las normas y considera que estas constituyen un obstáculo técnico al comercio, lo informan a la OMC, quien a su vez informa a Chile de estos comentarios.

7.1.1 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (ref. 21).

El objetivo principal que se pretende conseguir en el capítulo 3 del título 4 de la OGUC, es que el diseño de los edificios asegure que se cumplan las siguientes condiciones:

- Que se facilite el salvamento de los ocupantes de los edificios en caso de incendio.
- Que se reduzca al mínimo, en cada edificio, el riesgo de incendio.
- Que se evite la propagación del fuego, tanto al resto del edificio como desde un edificio a otro.
- Que se facilite la extinción de los incendios.

Para conseguir lo anterior, se distinguen dos tipos de protección: la protección pasiva y la protección activa (ver anexo B.1.1).

A su vez, el comportamiento al fuego de los elementos, materiales y componentes de la construcción se determina de acuerdo a una serie de normas, dentro de las cuales destaca para efectos de este trabajo de título:

Normas de resistencia al fuego:

NCh 935/1 Ensaye de resistencia al fuego - Parte 1: Elementos de construcción general.

NCh 935/2 Ensaye de resistencia al fuego - Parte 2: Puertas y otros elementos de cierre.

NCh 2209 Ensaye del comportamiento al fuego de elementos de construcción vidriados.

Normas sobre cargas combustibles en edificios:

NCh 1914/1 Ensaye de reacción al fuego - Parte 1: Determinación de la no combustibilidad de materiales de construcción.

NCh 1914/2 Ensaye de reacción al fuego - Parte 2: Determinación del calor de combustión de materiales en general.

NCh 1916 Determinación de cargas combustibles.

Normas sobre comportamiento al fuego:

NCh 1974 Pinturas - Determinación del retardo al fuego.

NCh 1977 Determinación del comportamiento de revestimientos textiles a la acción de una llama.

NCh 1979 Determinación del comportamiento de telas a la acción de una llama.

Además se cuenta con el “Listado oficial de comportamiento al fuego” elaborado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en el cual se detallan los materiales y componentes (tales como cerraduras, herrajes y rociadores) que conforman los elementos de construcción ensayados por algunas empresas ligadas al rubro de la construcción.

Para determinar la resistencia al fuego de los elementos de construcción de algún proyecto cualquiera, los pasos a seguir es identificar el destino del edificio a través de las tablas 1, 2 y 3 del artículo 4.3.4 de la Ordenanza (ver anexo B.1.1). Así, para el caso de edificaciones cuyo uso es habitacional la tabla 1 indica el **tipo de elemento de construcción** que se debe usar de acuerdo al número de pisos; así por ejemplo, si el edificio es de 5 pisos, los elementos de construcción corresponden al tipo “c”; acto seguido, es devolverse a la tabla del artículo 4.3.3 “Resistencia al fuego requerida para elementos de construcción de edificios”, e identificar la

resistencia al fuego que debe cumplir cada elemento de construcción; por ejemplo, los muros cortafuegos deben ser F - 120, los muros de caja ascensores F - 60, escaleras F - 15, etc.

Para llevar a cabo lo dispuesto en los artículos 4.3.3 y 4.3.4 se deben cumplir con algunos requisitos. Para efectos de este tema, los requisitos que merecen mayor importancia están desglosados según los siguientes artículos:

- Artículo 4.3.5: el punto 1, se refiere a los requerimientos de altura de entre piso; el punto 6, se refiere a los cielos falsos; el 7, habla sobre los muros de la zona vertical de seguridad; el punto 8, sobre los muros de la caja de ascensores; el punto 10, sobre muro no soportantes y tabiques; el punto 11, se refiere a los muros perimetrales; el siguiente punto, se refiere a los elementos soportantes inclinados en 20 o más grados sexagesimales; y el punto 14, sobre las viviendas de hasta 2 pisos con superficie edificada menor a 140m².
- Artículo 4.3.6: se refiere a las disposiciones que deben cumplir los muros cortina.
- Artículo 4.3.7: se refiere a los edificios de 7 o más pisos que deben contar con a lo menos, una zona vertical de seguridad.
- Artículo 4.3.14: se refiere a las disposiciones que deben cumplir los muros cortafuegos, tales como, dimensiones, vanos, traspaso de ductos, etc.
- Artículo 4.3.22: se refiere al uso obligatorio de protección activa para edificaciones de 3 o más pisos.
- Artículo 4.3.24: Se refiere a los requisitos de resistencia al fuego que deben tener los elementos cuya función es formar una compartimentación.
- Artículo 4.3.26: se refiere a los requisitos que deben cumplir las edificaciones de un piso, conformadas por elementos de materiales incombustibles, para que no requieren de protección contra el fuego.

Como se puede notar, en todo el capítulo “De las condiciones de seguridad sobre incendio”, en ningún punto se toca el tema sobre los materiales de revestimiento que componen los elementos de construcción aludidos. En el Capítulo 5 del título 5 la OGUC se refiere a los materiales de construcción pero, enfocado principalmente a aquellos que permiten cumplir una función mecánica al elemento del que forman parte y, en ningún caso, se refiere a los materiales que revisten tales elementos.

La OGUC para efectos de materiales de revestimiento sólo distingue los *combustibles* de los *no combustibles*, determinados de acuerdo a la NCh 1914/1, pero no estipula condiciones que deban cumplir en cuanto a la presencia de ellos en ciertos lugares y condiciones para evitar riesgo de incendio. Lo más cercano que se puede rescatar de la OGUC en cuanto a este tema, es la alusión de las normas NCh 1974, 1977 y 1979 que se refieren a las pinturas, revestimientos textiles y telas respectivamente.

7.1.2 NCh 935/1 Ensayo de resistencia al fuego - Parte 1: Elementos de construcción en general. (ref. 8)

Esta norma tiene por objeto establecer las condiciones de ensayo y los criterios que permiten determinar la resistencia al fuego de elementos de construcción en general. Es aplicable para los elementos que forman parte de cualquier edificación exceptuándose las puertas y elementos vidriados para los cuales se aplica las normas NCh 935/2 y NCh 2209 respectivamente.

Esta norma establece las condiciones de temperatura y presión que deben cumplirse dentro del horno, de tal modo que la temperatura varíe de acuerdo a la siguiente ecuación y gráfico:

$$T - T_0 = 345 \log_{10}(8t + 1)$$

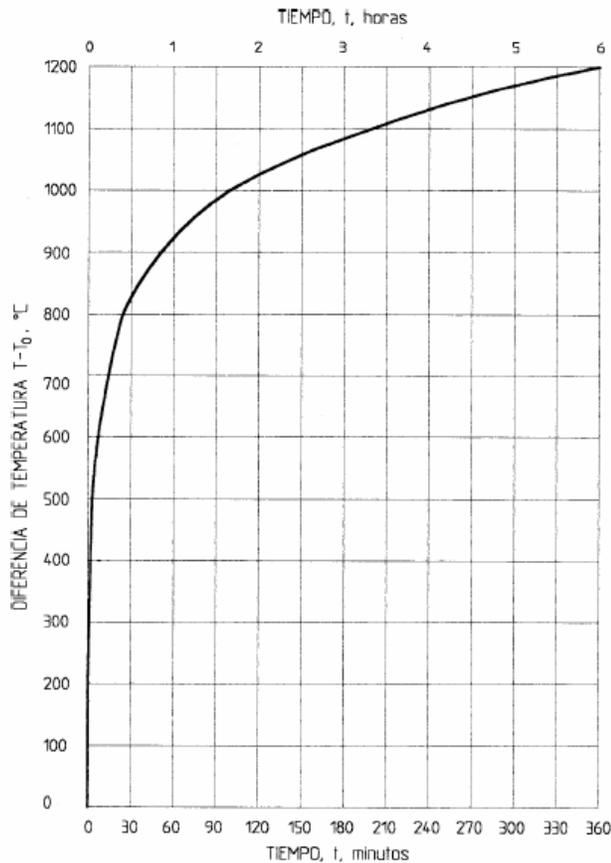


Figura 7.1: Curva normalizada de tiempo-temperatura

Para esto existen ciertas tolerancias registradas gracias a las termocuplas. A su vez, éstas últimas también deben cumplir con las condiciones mínimas de ubicación v/s cantidad.

Los elementos a ensayar deben cumplir con condiciones dimensionales, de humedad, homogeneidad y resistencia mecánica. Así por ejemplo, los elementos a ensayar deben ser de tamaño real o lo más representativo de una producción estándar; el contenido de humedad debe ser representativo a las condiciones climáticas para la ubicación geográfica al cual está destinado; para probetas heterogéneas tales como paneles con distintos materiales de revestimiento, deberán ensayarse dos probetas idénticas intercambiando las caras de exposición al fuego; y las probetas que soporten cargas, deberán estar sometidas a los esfuerzos que correspondan.

En cuanto la exposición al calor, las columnas deben ser ensayadas de tal modo que el calor esté aplicado sobre toda su superficie y altura; las vigas a tres de sus caras en toda su extensión; y los que separan espacios, por sólo una cara, con algunas salvedades como el ejemplo que se citó en el párrafo anterior.

La resistencia al fuego de un elemento estructural, debe juzgarse según el criterio de la capacidad de carga que soporte; la de un elemento de separación, según el criterio de estanquidad y aislamiento; y la de un elemento de separación que soporte carga, según el criterio de capacidad de carga, estanquidad y aislamiento.

El criterio de capacidad de carga se refiere a la capacidad que tiene el elemento estructural de mantenerse estable durante el ensayo; el criterio de estanquidad consiste cuando al elemento de separación no le aparecen grietas o fisuras por donde las llamas o gases puedan pasar; y el criterio de aislamiento consiste en las condiciones de temperaturas mínimas que deben cumplir los elementos en la cara no expuesta.

El ensayo tiene una duración tal que se cumplan las siguientes condiciones según corresponda:

- Capacidad de soporte de carga.
- Aislamiento térmico.
- Estanquidad.
- Emisión de gases inflamables.

De acuerdo a esto último, se registra el tiempo de ensayo y se clasifica la resistencia al fuego de acuerdo al siguiente criterio:

Clase F - 0	≥ 0 minutos y	< 15 minutos
Clase F - 30	≥ 15 minutos y	< 30 minutos
Clase F - 30	≥ 30 minutos y	< 60 minutos
Clase F - 60	≥ 60 minutos y	< 90 minutos
Clase F - 90	≥ 90 minutos y	< 120 minutos
Clase F - 120	≥ 120 minutos y	< 150 minutos
Clase F - 150	≥ 150 minutos y	< 180 minutos
Clase F - 180	≥ 180 minutos y	< 240 minutos
Clase F - 240	≥ 240 minutos	

Para el caso de perfiles de acero, la norma en el Anexo B entrega ejemplo de cálculo de la masividad (relación entre el perímetro expuesto y el área de la sección transversal) de perfiles típicos en la construcción, variando su sección, cara de exposición y tipo de protección al fuego.

7.1.3 NCh 935/2 Ensayo de resistencia al fuego - Parte 2: Puertas y otros elementos de cierre. (ref. 9)

Esta norma tiene por objeto establecer las condiciones de ensayo y los criterios que permiten determinar la resistencia al fuego de puertas y otros elementos de construcción concebidos para cerrar las aberturas en elementos divisorios en general.

El método de ensayo está basado en la NCh 935/1, es decir, debe cumplirse los criterios de temperatura v/s tiempo, presión, criterios de finalización del ensayo y clasificación del elemento de acuerdo al tiempo de exposición que alcanzó a estar.

La probeta debe corresponder a un ejemplar similar al que se usará en la realidad, junto con sus componentes tales como herrajes, marco, etc. Si está compuesto de un material higroscópico u otros que puedan alterarse con la humedad, deben acondicionarse para que estén en equilibrio con las condiciones del laboratorio:

- Temperatura: $25 \pm 15^{\circ}\text{C}$.
- Humedad relativa: 30 a 75%.

El ensayo debe realizarse sobre ambas caras del elemento, a menos que el personal a cargo estime lo contrario con la base de criterios justificados. Por supuesto, cuando se deben ensayar

ambas caras, se debe efectuar en 2 probetas idénticas, de forma simultánea o alternada de acuerdo a las disposiciones de equipo con el que se cuente.

La temperatura de la cara no expuesta se mide con termocuplas que deben cumplir las mismas condiciones de la NCh 935/1.

Los criterios de resistencia al fuego son: estabilidad mecánica, estanquidad a las llamas, emisión de gases inflamables y aislamiento térmico. El primer criterio consiste en anotar el momento en que la muestra se deteriora, se forman fisuras, grietas, brechas o se produce la falla de los mecanismos de cierre o demás herrajes; el segundo criterio de estanquidad se califica de acuerdo al ensayo de la mota de algodón; los gases emitidos por la cara no expuesta, se consideran inflamables cuando se aproxima una llama cualquiera y ésta continúa ardiendo hasta al menos 20 segundos después de retirar la llama; y el criterio de aislamiento consiste en medir la temperatura en la cara no expuesta, y para ello se debe cumplir requisitos de temperatura media ($<140\text{ }^{\circ}\text{C}$), temperatura máxima ($<180\text{ }^{\circ}\text{C}$) y temperatura máxima en el marco (<180).

Cuando no se cumpla alguno de estos criterios, el ensayo se detiene, se anota el tiempo y se clasifica la resistencia al fuego de acuerdo a los criterios que se definen en la NCh 935/1

7.1.4 NCh 2209 Ensayo del comportamiento al fuego de elementos de construcción vidriados. (ref. 18)

Esta norma tiene por objeto establecer las condiciones de ensayo y los criterios que permiten determinar la resistencia al fuego de los elementos vidriados verticales no soportantes. Es aplicable a elementos de construcción que incluyen vidrios, y otros elementos transparentes o translucidos tales como puertas vidriadas, ventanas, paredes de ladrillos de vidrio u otros.

Los criterios de temperatura y presión al interior del horno son los especificados en la NCh 935/1. La probeta, así como el montaje, debe ser lo más representativo a la realidad, así por ejemplo, la probeta debe contener los mismos herrajes tales como goznes, bisagras, pestillos, picaportes, etc. Para elementos higroscópicos, se deben cumplir los criterios de temperatura y humedad relativa siguientes:

- Temperatura: $25 \pm 15^{\circ}\text{C}$.
- Humedad relativa: 40 a 65%.

La salvedad a este último criterio lo constituyen los elementos que están totalmente constituidos por vidrio, o por metal y vidrio.

En vista de que los elementos vidriados no proporcionan aislamiento térmico, su comportamiento al fuego se califica de acuerdo a los siguientes criterios: estabilidad mecánica, estanquidad a las llamas, emisión de gases inflamables y radiación. El primer, segundo y tercer criterio son análogos al estipulado en la NCh 935/1-2; el criterio de radiación tolerable para el ensayo es de $3.35\text{ [W/cm}^2\text{]}$ como máximo, aún cuando la intensidad de radiación para una persona depende del tiempo de exposición, así por ejemplo, durante un minuto la intensidad tolerable de radiación debe ser como máximo de $0.96\text{ [W/cm}^2\text{]}$.

En el informe del ensayo se apuntan las observaciones que se vieron durante el desarrollo del experimento, el tiempo en el que los diversos criterios de comportamiento dejan de cumplirse, la distancia a la cara no expuesta para la cual los niveles de radiación sobrepasan los límites, etc. Y por lo tanto, no existe un criterio de clasificación de resistencia al fuego como en la NCh 935/1-2, sino que se juzga el comportamiento al fuego en función de uno o varios de los criterios señalados anteriormente.

7.1.5 NCh 1914/1 Ensayo de reacción al fuego - Parte 1: Determinación de la no combustibilidad de materiales de construcción. (ref. 10)

Esta norma establece un método de ensayo relativo a uno de los aspectos de la reacción al fuego de un material, permitiendo valorar las características de dicho material al emitir un calor superior o a emitir llamas. Los resultados de este ensayo sólo pueden ser utilizados para expresar la combustibilidad o la no combustibilidad de un material sometido al fuego en las condiciones controladas de laboratorio. Esta norma es aplicable a los materiales o productos de la construcción y/o edificación, hayan recibido o no una capa de acabado, sin embargo, no es aplicable a la materia empleada en el acabado.

El aparato con el cual se lleva a efecto el ensayo, a grandes rangos está compuesto por un tubo refractario rodeado por una resistencia eléctrica que proporciona calor y, por un aislamiento que en su conjunto conforman el horno; un difusor de aire ubicado bajo el tubo; una pantalla, ubicada en la parte superior abierta del tubo; una porta probeta; tres termocuplas ubicada una en el horno, la segunda en el centro de la probeta y la última en la superficie de la probeta; un registrador de temperatura, pie del horno, pantallas paravientos y una bandeja metálica para recoger cenizas y residuos.

El ensayo consiste en ensayar 5 probetas cilíndricas por material y deben ser lo más representativas posible a su material, en cuanto a espesor y densidad media, el tiempo de calentamiento debe durar 20 minutos. Se registran las temperaturas de las 3 termocuplas, eventuales apariciones de llamas y la duración de las mismas y después de cada ensayo se mide la masa de la probeta y la masa de sus residuos carbonizados o cenizas que hayan caído.

Luego, terminado el ensayo, se calcula la media de aumentos de temperaturas de termocuplas por la formula siguiente:

$$\bar{T}_X = \sum_{i=1}^5 \frac{T_{X,i} - T_0}{5}$$

Donde:

X: C, H y S,

T_C : Temperaturas máximas de la termocupla central,

T_H : Temperaturas máximas de la termocupla del horno,

T_S : Temperaturas máximas de la termocupla superficial.

T_0 : Temperatura inicial del horno,

\bar{T}_X : Temperatura media máxima para la termocupla X.

Se anota la media de la duración de las llamas para cada serie de cinco ensayos, sumando los tiempos de todas las llamas observadas y dividiendo por 5 y se registra la pérdida de masa de acuerdo a la misma operación aritmética anterior.

El material es clasificado como no combustible cuando todas sus probetas cumplen con lo siguiente:

- $\bar{T}_X \leq T_0 + 50^\circ C$ en que X = C, H y S
- LA duración media de las llamas no exceda de 20 segundos.
- La pérdida de masa media no exceda del 50% de la masa media original.

De no cumplir con cualquiera de los anteriores puntos, el material es calificado como combustible.

7.1.6 NCh 1914/2 Ensayo de reacción al fuego - Parte 2: Determinación del calor de combustión de materiales en general. (ref. 11)

Esta norma establece un método e ensayo para determinar el calor de combustión de materiales en general. Se aplica a los materiales y productos en general que puedan formar parte de edificios o encontrarse en el interior de éstos durante un incendio.

La muestra debe ser lo suficientemente representativa del material, y si es necesario, se deberá hacer un muestreo estadístico normalizado. Si su calor de combustión es muy bajo, será necesario implementar un procedimiento tal que se efectúa la combustión completa, como por ejemplo, bañar la probeta con un material muy combustible cuyo calor de combustión es conocido. La preparación de la probeta debe desarrollarse de forma muy concienzuda dependiendo si se trata de un material homogéneo, heterogéneo o compuesto.

El cálculo del calor de combustión superior se calcula promediando los resultados obtenidos para tres probetas, cuyo procedimiento no es necesario detallar para efectos de este trabajo de título. Por otra parte, el calor de combustión inferior se obtiene a partir de la diferencia entre el calor de combustión superior y el calor de vaporización del agua condensada en la bomba después de la combustión y, ésta última, se obtiene a partir de los resultados obtenidos de tan solo dos probetas.

7.1.7 NCh 1916 Determinación de cargas combustibles. (ref. 12)

Esta norma establece un método de cálculo que permite determinar la carga combustible y la densidad de carga combustible media que posee o poseerá un edificio o parte de él. Es aplicable en la cuantificación de riesgo de incendio, en el diseño de edificios y en los criterios conducentes a la terminación y alhajamiento de los mismos. Por consiguiente, también es aplicable a la elección y cuantía de sistemas de protección contra incendios.

La carga combustible total de un edificio o parte de él, está dada por la siguiente expresión:

$$C = \sum_{i=1}^n Cc_i \cdot M_i$$

Donde:

C: Carga combustible expresada en MJ o Mcal

Cc_i : Calor de combustión del material combustible integrante i, expresado en MJ o Mcal.

M_i : Masa del material combustible i, expresado en kg.

Por consiguiente, la densidad de carga combustible media se obtiene de la expresión $D_C = \frac{C}{S}$, en que C es la carga combustible obtenida de la formulación anterior y S representa la superficie de planta correspondiente (del edificio o parte de él), expresada en m².

De forma análoga, hay textos en que prefieren expresar estos términos haciendo un equivalente al calor de combustión de la madera. Así entonces, la carga combustible se obtiene de la expresión $C_M = \frac{C}{C_{CM}}$, en que C es la carga de combustible calculada a partir de la relación

original, y C_{CM} representa el calor de la combustión de la madera que es igual a 16.8MJ/kg o equivalentemente a 4.0 Mcal/kg.

Análogamente, la densidad de carga combustible media equivalente en madera se determina a partir de la expresión $D_{CM} = \frac{C_M}{S}$.

El anexo de esta norma entrega el calor de combustión de una serie de materiales que se pueden encontrar en el capítulo 5 del presente trabajo de título.

7.1.8 NCh 1974 Pinturas - Determinación del retardo al fuego. (ref. 13)

Esta norma describe un procedimiento de ensayo para determinar el retardo al fuego de pinturas. Determina de forma cuantitativa, las propiedades retardantes al fuego producida por una o varias capas de pinturas aplicadas sobre superficies de madera, a través de la determinación de la pérdida de masa y el índice de carbonización de las probetas recubiertas con dicha pintura. El método es aplicable solamente para medir y describir las propiedades de las pinturas en respuesta a la llama bajo condiciones controladas de laboratorio. Luego, no sirve para ser usado en la evaluación o reglamentación del riesgo de incendio real.

Las probetas deben ser de madera de pino insigne a menos que el solicitante pida el ensayo de otro tipo de madera, como álamo, mañío, alerce o raulí cuya densidad media aparente, masa y dimensiones están parametrizadas según la norma.

La probeta es pesada, luego pintada y vuelta a pesar de tal modo de determinar la masa de pintura que es aplicada. La probeta se pone inclinada a 45° en una cámara de combustión especial y se somete a una llama normalizada originada por una pequeña cantidad de etanol desde la base y a 25mm de distancia a la probeta.

El ensayo dura hasta que la llama de la probeta se extinga por sí misma. Luego se pesa, para determinar la pérdida de masa; con la ayuda de una sierra, se corta en forma longitudinal y transversal por los ejes donde se observa mayor longitud de carbonización; se mide el espesor de la carbonización de la sección transversal y multiplicando estos tres valores se consigue el índice de carbonización. Este ensayo se repite para 5 probetas de iguales condiciones para las cuales deben cumplirse ciertas exigencias de promedio y desviación estándar, de lo contrario, se deberá repetir el procedimiento de hasta 10 probetas.

7.1.9 NCh 1977 Determinación del comportamiento de revestimientos textiles a la acción de una llama. (ref. 14)

Esta norma describe un procedimiento de ensayo para la determinación del lapso de combustión con llama y sin llama, así como de las superficies dañadas por la acción de una llama normalizada aplicada sobre revestimientos textiles. Esta norma es aplicable a los revestimientos textiles usados en los edificios, tales como alfombras y otros productos textiles de revestimiento. El método es aplicable solamente para medir y describir las propiedades de los revestimientos textiles, en respuesta a la llama bajo condiciones controladas de laboratorio. Luego, el método es útil para comparar revestimientos destinados al mismo uso y, por sí solo, no sirve para ser usado en la evaluación o reglamentación del riesgo de incendio real.

Se toma una muestra de material textil de determinadas dimensiones, de las cuales se obtienen 10 probetas de dimensiones 340 x 104 mm, se someten a condiciones de temperatura y humedad relativa durante 72 horas

La probeta se coloca verticalmente en la cámara de combustión sobre una placa de asbestocemento, es expuesta a una llama de gas normalizada desde su parte inferior y se posiciona un hilo de algodón de forma transversal en la parte superior (250 mm sobre el punto de encendido) apoyado sobre soportes de tal modo que quede tirante gracias a la ayuda de dos masas estandarizadas anudadas a sus cabos y que cuelgan de dichos soportes.

La probeta es sometida durante 15 segundos a la llama, se retira el quemador y se mide el tiempo de combustión con llama hasta que el hilo se quema y por consiguiente caen las masas, de no llegarse a quemar el hilo, se mide el tiempo hasta el cual la llama se extingue. Si la probeta continúa ardiendo sin llama, se mide dicho tiempo de combustión desde que se extinguió la llama hasta que termina la combustión.

La cantidad de probetas a ensayar va a depender de los tiempo de combustión con o sin llama de las primeras cinco probetas según lo establece la norma.

Aparte de registrar los tiempos de combustión con y sin llama y, obtener su promedio aritmético, también de debe registrar la superficie de combustión y observaciones tales como si se ha quemado el pelo, o también el dorso de las probetas.

7.1.10 NCh 1979 Determinación del comportamiento de telas a la acción de una llama. (ref. 15)

Esta norma describe un procedimiento de ensayo para la determinación del lapso de combustión con y sin llama, así como de las superficies dañadas por la acción de una llama normalizada aplicada sobre telas. Esta norma es aplicable a todo tipo de telas, sean tejidos o no tejidos así como también a textiles usados como revestimientos. El método es aplicable solamente para medir y describir las propiedades de las telas en respuesta a la llama bajo condiciones controladas de laboratorio. Luego, el método es útil para comparar telas destinadas al mismo uso y, por sí solo, no sirve para ser usado en la evaluación o reglamentación del riesgo de incendio real.

La preparación de la probeta es análoga a lo descrito en la NCh 1977, con la salvedad de que, de la muestra de la tela, se obtienen 20 probetas de 340 x 75 mm, 10 de ellas en la dirección de la urdimbre, y la mitad restante en dirección de la trama.

La probeta se coloca verticalmente en la cámara de combustión, expuesta a una llama de gas normalizada desde su canto inferior durante 3 y 15 segundos (5 probetas en dirección de la urdimbre y otras 5 en dirección de la trama para cada período de exposición de llama).

Se determina el lapso de combustión con y sin llama para cada una de las probetas, se calcula su promedio aritmético para cada caso y dirección del tejido y se indican los valores individuales. Por último, luego de lo anterior, las probetas se someten al ensayo del desgarrado, que consiste en lo siguiente:

Se hace un orificio en cada vértice inferior de la tela separada a unos 5 mm del canto; un orificio es colgado a un gancho y desde el otro es soltada una masa cuyo peso depende de la masa por unidad de área de la tela; en vista de que al soltar la masa, la tela se desgarrará por la parte quemada, puede que el conjunto quede colgado afirmado por la parte no destruida de la tela, y a

partir de ello se mide la longitud de desgarro; finalmente, se calcula la media aritmética de las 5 probetas para cada caso y dirección del tejido y se indican los valores individuales.

7.1.11 NCh 2121/1 - Parte 1: Determinación del comportamiento de plásticos autoportantes a la acción de una llama. (ref. 16)

Esta norma describe un procedimiento de ensayo a pequeña escala para la determinación de la tasa de combustión y/o la extensión y tiempo de combustión de plásticos autoportantes en forma de láminas o laminados de caras paralelas no necesariamente lisas. También puede ser aplicada a plásticos reforzados. Sólo es útil para comparar plásticos autoportante, y por sí solo no debe ser considerado o usado para la descripción, la evaluación o la reglamentación del riesgo de incendio real.

Se define un plástico autoportante aquellos plásticos que cortados en probetas de 125 ± 5 mm de largo por 12.5 ± 0.2 mm de ancho y el espesor del material normalmente suministrado, y que colocadas con su plano mayor en posición horizontal y sujetas por uno de sus extremos, se mantienen en esa posición. Se permite una flecha en el extremo de hasta 8 mm, cuando la temperatura ambiente del laboratorio sea de 20 ± 2 °C

De la muestra del material se extraen 10 probetas de dimensiones 125mm de largo, por 12.5mm de ancho, por el espesor del material. Se marcan las probetas a 25 y 100mm de sus cantos y se acondicionan a temperatura y humedad relativa estandarizadas.

Las probetas se colocan horizontalmente, sujetándola por uno de sus extremos en un portabroetas ubicado en una cámara de ensayo especial. Por el extremo libre de la probeta se aplica una llama de gas normalizada, durante 30 segundos. Si la probeta no se quema hasta la marca de referencia ubicada a 100 mm, se medirá el tiempo y la extensión de la combustión. Si la probeta se quema hasta la marca de referencia, se señalará la tasa de combustión.

El procedimiento se repite hasta que 3 probetas hayan sido quemadas hasta alcanzar a sobrepasar la marca de 100 mm, o bien hasta que 10 probetas hayan sido sometidas a ensayo. Si solamente una o dos de las diez probetas alcanza tal límite, entonces se repite sólo una vez más el procedimiento con diez probetas más.

La tasa de combustión (TC, expresada en cm/min.), el tiempo medio de combustión (TMC) y la extensión media de combustión (EMC), se calculan según las siguientes ecuaciones:

$$TC = \frac{450}{t - t_1} \quad TMC = \frac{\sum (t - 30)}{n} \quad EMC = \frac{\sum (100 - x)}{n}$$

En que:

t: tiempo de combustión final de cada probeta, en segundos;

t_1 : Tiempo de combustión inicial de cada probeta;

n: número de probetas; y

x: parte de la probeta sin quemar en mm.

7.1.12 NCh 2121/2 - Parte 2: Determinación del comportamiento de plásticos flexibles a la acción de una llama. (ref. 17)

Esta norma describe un procedimiento de ensayo a pequeña escala para la determinación de la tasa de combustión y/o la extensión y tiempo de combustión de plásticos flexibles en forma de láminas de caras paralelas no necesariamente lisas. También puede ser aplicada a

plásticos reforzados. Sólo es útil para comparar plásticos flexibles, y por sí solo no debe ser considerado o usado para la descripción, la evaluación o la reglamentación del riesgo de incendio real.

Se define un plástico flexible aquel que al ser sometido al mismo ensayo que en los autosoportantes, la flecha supera los 8 mm.

De la muestra del material se extraen 10 probetas de dimensiones 450mm de largo, por 25mm de ancho, por el espesor del material. Se marcan las probetas a 70 y 380mm de sus cantos y se acondicionan a temperatura y humedad relativa estándar.

Las probetas se colocan verticalmente en una cámara de ensayo especial. Por el extremo inferior de la probeta se aplica una llama de gas normalizada, durante 15 segundos. Si la probeta no se quema hasta la marca de referencia ubicada a 380 mm, se medirá el tiempo y la extensión de la combustión. Si la probeta se quema hasta la marca de referencia, se señalará la tasa de combustión.

El procedimiento se repite hasta que 3 probetas hayan sido quemadas hasta alcanzar a sobrepasar la marca de 380 mm, o bien hasta que 10 probetas hayan sido sometidas a ensayo. Si solamente una de las diez probetas alcanza tal límite, entonces se repite sólo una vez más el procedimiento con diez probetas más.

La tasa de combustión (TC, expresada en cm/min.), el tiempo medio de combustión (TMC) y la extensión media de combustión (EMC), se calculan según las siguientes ecuaciones:

$$TC = \frac{380}{t - t_1} \quad TMC = \frac{\sum(t - t_1)}{n} \quad EMC = \frac{\sum(380 - l)}{n}$$

En que:

t: tiempo de combustión final de cada probeta, en segundos;

t_1 : Tiempo de combustión inicial de cada probeta;

n: número de probetas; y

l: longitud de la probeta sin quemar en mm.

Cabe señalar, que estas dos últimas normas no aparecen aludidas en la OGUC, sin embargo se ha decidido incorporarlas en el análisis de este trabajo de título porque representan la normalización de materiales que son muy comunes en el mobiliario de una vivienda tipo y, en este último tiempo, formando parte de algunos elementos de construcción como es en el caso de los marcos de ventanas.

7.2 Normativa extranjera (ref. 2 y 4)

Existen estudios comparativos entre la normativa nacional y extranjera y, están clasificados de acuerdo al campo de aplicación. Para efectos de este trabajo de título y siguiendo con el enfoque sobre el estudio de comportamiento al fuego de elementos y materiales de construcción, las normas antes estudiadas se pueden comparar con las extranjeras según los siguientes cuadros:

Tabla 7.1: Cuadro comparativo de normas generales sobre comportamiento al fuego tanto chilenas como extranjeras.

NORMAS GENERALES					
Normas de Inglaterra	Normas de Estados Unidos	Normas Internacionales	Normas de España	Normas de Chile	
(BS)	(NFPA)	(ASTM)	(ISO)	(UNE)	
(NCh)					
6336 - 1982: Guía de desarrollo y presentación de los ensayos de incendio y sus usos en la reducción del peligro de incendio	1 - 1992: Código de prevención del fuego	1546 - 1993: Norma de evaluación del desarrollo de fuegos peligrosos	3956 - 1975: Principios de diseño de ingeniería estructural de incendios con especial hincapié entre la exposición real al incendio y las condiciones de calor con respecto a las normas de ensayos de resistencia al fuego	23727 - 1990: Ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción, clasificación de los materiales utilizados en la construcción	
476 / parte 7: Método para clasificar los materiales de acuerdo a la propagación de la llama superficial	251 - 1990: Pruebas de fuego para materiales de construcción de edificios.	1537 - 1995: Método de ensayo al fuego con testigos a gran escala de recubrimientos de de mobiliario.	4880 - 1995 : Terminología referente al comportamiento al fuego de los materiales textiles	23730 - 1990: Ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción. Anexo a las normas de método de ensayo. Determinación de los ensayos a realizar de acuerdo a la naturaleza y utilización de los materiales. Soportes tipo modelos de fichas de información	
476 / parte 10: Guía de los principios y aplicación de ensayos de incendios					
476 / parte 32: Guía para pruebas de fuego a gran escala dentro de los edificios.					

Tabla 7.2: Cuadro comparativo de normas sobre resistencia al fuego tanto chilenas como extranjeras.

NORMAS SOBRE RESISTENCIA AL FUEGO					
Normas de Inglaterra	Normas de Estados Unidos	Normas Internacionales		Normas de España	Normas de Chile
(BS)	(NFPA)	(ASTM)	(ISO)	(UNE)	(NCh)
476 / parte 20, 21, 22 y 23 - 1987: Método para determinar la resistencia al fuego de elementos de construcción (principios generales).	221 - 1994: Muros cortafuegos y revestimientos de muros.	E119 - 1988: Ensayo de fuego de materiales y elementos de construcción de edificios E108 - 1993: Método de ensayo al fuego de techumbre y cubierta.	834 - 1994: Ensayos de resistencia al fuego. Elementos de construcción de edificios TR 10158 - 1991: Principios y análisis que sirven de base para los métodos de cálculo en relación a la resistencia al fuego de los materiales	23093 - 1981 (IR): Ensayo de resistencia al fuego de las estructuras y elementos de construcción en general	935/1 Of 97: Elementos de construcción en general - Ensayo de resistencia al fuego
5268 - 1989: Resistencia al fuego de estructuras de madera.	701 - 1989: Ensayo de resistencia a la llama de textiles y films				
476 / parte 3 - 1975: Ensayo a techos expuestos a fuegos externos.	256 - 1993: Ensayo de incendios a techumbres 253 - 1990: Ensayo a recubrimientos de pisos con el panel radiante.				
476 / parte 8 - 1972: Método de ensayo y criterios para la determinación de la resistencia al fuego de elementos de construcción	152 - 1981: Método de ensayo al fuego para puertas y sus elementos de fijación.	152 - 1981: Método de ensayo al fuego para puertas y sus elementos de fijación	3008 - 1976: Ensayo de resistencia al fuego de puertas y elementos de cierre de huecos	23802 - 1979: Ensayo de resistencia al fuego de puertas y otros elementos de cierre de huecos	935/2 Of 84: Ensayo de resistencia al fuego - Puertas y otros elementos de cierre
476 / parte 31 - 1983: Método para medir la penetración del humo a través de puertas y elementos de cierre.	105 - 1993: Instalación de puertas y sus elementos de fijación para el control de humo.		5925 - 1 - 1981: Ensayo de incendio evaluación de rendimiento de las puertas que controlan el humo		
476 / parte 31,1 - 1983: Método para medir bajo condiciones de temperatura ambiental	204M - 1991: Calor y humo.		1804 - 1985: Términos generales relativos a las puertas.		

Tabla 7.2: Cuadro comparativo de normas sobre resistencia al fuego tanto chilenas como extranjeras (continuación).

NORMAS SOBRE RESISTENCIA AL FUEGO (CONTINUACIÓN)					
Normas de Inglaterra	Normas de Estados Unidos	Normas Internacionales		Normas de España	Normas de Chile
(BS)	(NFPA)	(ASTM)	(ISO)	(UNE)	(NCh)
476/ parte 8 - 1972: Métodos de ensayo y criterios para la determinación de la resistencia al fuego de elementos de construcción.	257 - 1990: Ensayo al fuego de ventanas y sus elementos de fijación. 80 - 1992: Puertas y ventanas contra incendio.	163 - 1984: Método de ensayo al fuego de ventanas y sus elementos de fijación.	3009 - 1976: Ensayo de resistencia al fuego de elementos vidriados	23801 - 1979: Ensayo de resistencia al fuego de elementos de construcción vidriados	2209 Of 93: Ensayo de comportamiento al fuego de elementos vidriados
476 / parte 24 - 198: Método para determinar la resistencia al fuego de los ductos de ventilación	1961 - 1962: Conductos resistentes al fuego usos y mantenimiento.	E814 - 1994: Método de ensayo para controlar la penetración del humo.	6944 - 1985: Ensayo de resistencia al fuego de ductos de ventilación.		

Tabla 7.3: Cuadro comparativo de normas sobre carga combustible y combustibilidad tanto chilenas como extranjeras.

NORMAS SOBRE CARGA COMBUSTIBLE Y COMBUSTIBILIDAD						
Normas de Inglaterra (BS)	Normas de Estados Unidos (NFPA)	Normas Internacionales		Normas de España (UNE)	Normas de Chile (NCh)	
		(ASTM)	(ISO)			
	251 - 1990: Pruebas de fuego para materiales de construcción de edificios				1916 Of 85: Determinación de cargas combustibles	
476 / parte 4 - 1970: Ensayo de no combustibilidad de materiales	921 - 1995: Investigación sobre fuego y explosiones - quemado de materiales	E 119 - 1988: Ensayo de fuego de materiales y elementos de construcción de edificios.	1182 - 1990: Ensayo de incendio de materiales de construcción, ensayo de no combustibilidad	23102 - 1990: Ensayo de reacción al fuego. Determinación de la no combustibilidad de los materiales de construcción	1914/1 Of 84: Determinación de la no combustibilidad de materiales de construcción	
			1716 - 1973: Materiales de construcción, determinación del calor de combustión.	23103 - 1978: Determinación del calor de combustión de los materiales de construcción mediante la bomba calorimétrica.	1914/2 Of 85: Determinación del calor de combustión de materiales	
476 / parte 15: Método para determinar la cantidad de calor liberado por los materiales.	650 - 1990: Materiales combustibles	E 119 - 1988: Ensayo de fuego de materiales y elementos de construcción de edificios.-	5660/1 - 1993: Ensayo de reacción al fuego, cantidad de calor liberado por los productos de las edificaciones.			
	259 - 1993: Calor de combustión de los materiales de construcción					

Tabla 7.4: Cuadro comparativo de normas sobre comportamiento al fuego tanto chilenas como extranjeras.

NORMAS SOBRE COMPORTAMIENTO AL FUEGO					
Normas de Inglaterra	Normas de Estados Unidos	Normas Internacionales		Normas de España	Normas de Chile
		(NFPA)	(ASTM)		
5839 / parte 2 - 1983: Manual de especificaciones, requerimientos y métodos de ensayo de pinturas.	703 - 1992: Materiales de construcción impregnantes y revestimientos retardantes al fuego	D 1360 - 1990: Ensayo al fuego de pinturas retardantes	D 2859 - 1976: Método de ensayo para determinar el grado de inflamabilidad de materiales textiles que se utilizan para cubrir pisos.	6925 - 1982: Revestimientos textiles de piso, comportamiento de quemado tabla y ensayo a temperatura ambiente.	1974 Of 86: Pinturas, determinación retardado al fuego
6307 - 1993: Método para la determinación de los efectos de una pequeña fuente de ignición en revestimientos textiles de pisos.	701 - 1989: Método de ensayo al fuego para determinar la resistencia a la llama de textiles y films	D 1230 - 1985: Comportamiento al fuego de vestuario	D 635 - 1991: Método de ensayo para determinar la tasa y/o tiempo de extinción de ardido de plásticos autosoportantes colocados en posición horizontal.	23726 - 1990: Ensayo en el panel radiante para revestimiento de suelos. Ensayo complementario.	1977 Of 85: Determinación del comportamiento de revestimientos textiles a la acción de una llama
7837 - 1996: Especificaciones para determinar la inflamabilidad de materiales textiles.	705 - 1993: Recomendaciones prácticas para ensayos a la llama de textiles y films.	251 - 1990: Prueba de fuegos para materiales de construcción de edificios.	10 - 1992: Normas de ensayo al fuego.	1979 Of 87: Determinación del comportamiento de telas a la acción de una llama.	2121/1 Of 91: Determinación del comportamiento de plásticos autosoportantes.
2782 - 1993: Métodos de ensayo a plásticos flexibles		9772 - 1994: Plásticos celulares, determinación de las características de quemado de pequeños modelos en posición horizontal bajo la acción de una pequeña llama	53027 - 1955: Materiales plásticos resistentes al calor		
476 / parte 5 - 1979: Método de ensayo para la ignición.		10351 - 1992: Plásticos, determinación de la combustibilidad de modelos de plásticos de 125 mm bajo la acción de una llama superficial.			

Tabla 7.4: Cuadro comparativo de normas sobre comportamiento al fuego tanto chilenas como extranjeras (continuación).

NORMAS SOBRE COMPORTAMIENTO AL FUEGO (CONTINUACIÓN)				
Normas de Inglaterra	Normas de Estados Unidos	Normas Internacionales		Normas de Chile
(BS)	(NFPA)	(ASTM)	(ISO)	(NCh)
ISO 9772 - 1994: Plásticos celulares, determinación de las características de quemado de pequeños modelos orientados en forma horizontal bajo la acción de una llama.		D 1929 - 1991: Método de ensayo para determinar propiedades de ignición de plásticos.	1210 - 1992: Plásticos, determinación del comportamiento de quemado de modelos en posición horizontal y vertical en contacto con una pequeña llama que origina la ignición.	
4735 - 1984: Método de ensayo en laboratorio para determinar las características del quemado horizontal de materiales con un largo de 150x50x13mm de materiales de plásticos y gomas que se someten a la acción de una pequeña llama.		D 2843 R - 1988: Método de ensayo para determinar la densidad de humo producida por la combustión de plásticos.	9773 - 1990: Determinación del comportamiento de quemado de modelos flexibles en verticales en contacto con una pequeña llama origen de la ignición.	
		D3713 - 1978: Método de ensayo para determinar la respuesta de ignición de plásticos sólidos por medio de una pequeña llama.		
		D 3801 - 1987: Método de ensayo para determinar las características de extinción relativas a plásticos sólidos en posición vertical.		

Tabla 7.4: Cuadro comparativo de normas sobre comportamiento al fuego tanto chilenas como extranjeras (continuación).

NORMAS SOBRE COMPORTAMIENTO AL FUEGO (CONTINUACIÓN)					
Normas de Inglaterra	Normas de Estados Unidos	Normas Internacionales		Normas de España	Normas de Chile
(BS)	(NFPA)	(ASTM)	(ISO)	(UNE)	(NCh)
5173 - 103 - 13 - 1994: Método de ensayo de mangueras de plásticos y goma.			9773 - 1990: Determinación del comportamiento de quemado de modelos flexibles en vertical en contacto con una pequeña llama de origen de la ignición.		21221/2 Of 91: Determinación del comportamiento de plásticos flexibles a la acción de una llama
5268 - 1989: Ensayo al fuego de materiales de construcción	10 - 1992: Norma de ensayos al fuego.	E119 - 1988: Ensayo de fuego de materiales y elementos de construcción de edificios	TR 3814 - 1989: Ensayos para medir la reacción al fuego de materiales de construcción, sus desarrollos y aplicaciones	23702 - 1988: Ensayo de reacción al fuego. Propagación de llama de los materiales de construcción. 23721 - 1990: Ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción. Ensayo por radiación aplicable a los materiales rígidos o similares (materiales de revestimiento) de cualquier espesor y a los materiales flexibles de espesor superior a 5 mm.	
5950 - 1990: Código de ensayos de resistencia al fuego.					
6334 - 1993: Método de ensayo para determinar el comportamiento al fuego de materiales aislantes.				23723 - 1990: Ensayo del quemador eléctrico aplicable a los materiales flexibles de espesor inferior o igual a 5 mm.	

Tabla 7.4: Cuadro comparativo de normas sobre comportamiento al fuego tanto chilenas como extranjeras (continuación).

NORMAS SOBRE COMPORTAMIENTO AL FUEGO (CONTINUACIÓN)					
Normas de Inglaterra	Normas de Estados Unidos	Normas Internacionales		Normas de España	Normas de Chile
(BS)	(NFPA)	(ASTM)	(ISO)	(UNE)	(NCh)
PD - 6520 - 1988: Guía de ensayos al fuego de elementos de construcción.					
476 / parte 13 1988: método para medir la inflamabilidad de productos sometidos a radiación térmica.	255 - 1990: Características de la inflamación superficial de los materiales de construcción.	E 162 - 1990: Método de ensayo para determinar el grado de inflamabilidad superficial de materiales por medio de una fuente de calor radiante.	5657 - 1986: Ensayo de incendio, reacción al fuego, inflamabilidad de materiales de construcción.	23724 - 1990: Ensayo de velocidad de propagación de la llama aplicable a los materiales no destinados a ser colocados sobre un soporte.	
476 / parte 12 - 1989: método de ensayo para determinar la ignición por aplicación de llama directa	D 263 - 1994: Nivel de calor y humo que generan los productos y materiales.	E 1321 - 1993: Método de ensayo para la determinación de las propiedades de ignición y llama		23725 - 1990: Ensayo de goteo aplicable a los materiales fusibles, ensayo complementario.	
476 / parte 11 - 1982: Método para cuantificar la emisión de calor de los materiales de construcción		E 136 - 1992: Método de ensayo para determinar el comportamiento de los materiales cuando se les introduce en un horno cilíndrico vertical que esta a 750 °C			

Tabla 7.4: Cuadro comparativo de normas sobre comportamiento al fuego tanto chilenas como extranjeras (continuación).

NORMAS SOBRE COMPORTAMIENTO AL FUEGO (CONTINUACIÓN)					
Normas de Inglaterra	Normas de Estados Unidos	Normas Internacionales		Normas de España	Normas de Chile
(BS)	(NFPA)	(ASTM)	(ISO)	(UNE)	(NCh)
476 / parte 6 - 1989: Método de ensayo para determinar la propagación del fuego en los materiales					
5950 / parte 8 - 1990: Código dfe diseños resistentes.	231C - 1995: Archivo de datos de materiales, Cap. 3, materiales de construcción, protección al fuego de estructuras metálicas.			23806 - 1981: Ensayo de comportamiento frente al fuego. Ensayo de estabilidad al chorro de agua de los materiales protectores de estructuras metálicas	
476 / parte 33: Ensayo a la superficie de los materiales a cámara llena.		E 84 - 1991: Método de ensayo para determinar el comportamiento al fuego de los materiales de construcción en su superficie.	TR 5924 - 1989: Ensayo de incendio, reacción al fuego, producto que generan humo en los edificios (ensayo de cámara doble)	820 - 1993: Método de ensayo para determinar la estabilidad al fuego de las estructuras de acero protegidas	
			9705 - 1993: Ensayo de incendio, ensayo a cámara llena para productos superficiales.		

Como se puede observar en la tabla 7.1, las normas extranjeras hacen hincapié a las pruebas de fuego a gran escala dentro de edificios, así como también a pruebas de fuego de materiales de construcción de edificios según su naturaleza y utilización, como es el caso de los materiales de revestimiento de mobiliario.

Sin embargo, la realidad nacional, carece de dicho grado de normalización limitándose sólo a la reglamentación sobre resistencia al fuego de elementos de construcción. También carece de una clasificación más precisa sobre materiales pues sólo se tiene una clasificación de acuerdo a su combustibilidad definiéndolos como materiales combustible o no combustible.

Lo más cercano a un estudio sobre materiales de revestimiento son las normas que determinan el comportamiento al fuego de telas, textiles y el retardo al fuego de pinturas pero, lamentablemente, en la ordenanza no se reglamenta sobre el uso o la prohibición de dichos materiales en ciertos lugares donde se exija un grado de seguridad mayor según los resultados que se obtiene de dichos ensayos, de hecho, éstas mismas normas estipulan que sus resultados sólo son útiles para comparar los materiales entre sí mismos y no pueden ser ocupados en algún tipo de evaluación o reglamentación del riesgo de incendio real.

Por lo tanto, es importante la elaboración de un reglamento que permita clasificar tales materiales de acuerdo a varias directrices, sobre la base de sus cualidades pirógenas y térmicas, de tal modo de que la ordenanza estipule qué tipo de materiales pueden estar presentes o no en ciertos lugares bajo ciertas circunstancias haciendo alusión simplemente a dicha clasificación.

A continuación una visión general sobre la legislación extranjera.

7.2.1 Legislación española (ref. 4 y 23)

Hasta el año 1999 todavía existían algunas normas nacionales y reglamentos en los países de Europa pero, a partir del año 2000, el gran objetivo de la Unión Europea ha sido estandarizar la normativa existente en todos los ámbitos, especialmente en lo referido a la construcción ya que en otras áreas existen normas europeas desde 1992.

En España no existían normas oficiales de carácter general hasta 1966 para la seguridad de la vida humana en el mar a los buques y embarcaciones mercantes nacionales. Este anexo contiene un conjunto de directrices para la protección contra incendios, referentes tanto a la construcción de barcos como a la lucha contra el fuego.

Otro organismo que de manera importante establecía en España el tipo de materiales a utilizar en la construcción de barcos era el Sindicato Nacional del Seguro, que aplicaba unas normas que aunque no tenían carácter de oficial producían una indudable repercusión en el momento de seleccionar los materiales de una obra ya que en función de estos se aplicaban las primas. Esto estaba publicado bajo el nombre de "Tarifa obligatoria de primas o cuotas técnicas mínimas para el seguro de incendios"

Luego, el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medioambiente publicó en Septiembre de 1993 la Norma Básica de Edificación: "Condiciones de protección contra incendios en los edificios" que contiene los alcances y condiciones que deben cumplir las edificaciones nuevas y también las de remodelación con respecto a la seguridad contra incendios. Aclara que no considera la hipótesis de riesgo de un incendio de origen intencional.

En general, a través de sus diferentes capítulos se refiere a los principios de compartimentación, evacuación y señalización, comportamiento ante el fuego de los elementos constructivos y materiales, instalaciones generales y locales de riesgo especial, UNE 13.207.

Así se tiene la norma UNE 23.727 distingue cinco clases de materiales a saber: M0, M1, M2, M3 y M4; la norma UNE 23.102 que establece parámetros para juzgar si un material es o no combustible; detección y alarmas de incendios, UNE 23007; seguridad contra incendios, UNE 23032; materiales contra incendios, UNE 23063; extintores portátiles, UNE 23091; lucha contra incendios UNE 23110, entre otras, que se pueden apreciar en los cuadros comparativos anteriores.

El sistema común europeo establece las siguientes siglas: R, estabilidad, E, integridad e I aislamiento. Estos símbolos se acompañan con información de exigencias de combustibilidad de los materiales en cuestión. Así, una estructura con una resistencia al fuego de 60 minutos donde se permiten materiales combustibles tienen el símbolo REI-C-60.

Además se emplean la siguiente nomenclatura:

- NR : No requerimientos
- ? : No se tiene información
- NC : Se requiere material no combustible
- W-imp: Se permite madera impregnada contra el fuego
- W : Se permite madera
- p10 : Protección contra la carbonización, periodo en minutos
- i5 : Ignición, periodo en minutos.

Además las exigencias para estabilizar las estructuras han sido interpretadas sólo como preocupación en relación al fuego. La razón es asegurar el edificio durante el fuego, no cumplir con otras exigencias. Así, la exigencia esencial es que los elementos estructurales deberán asegurar la estabilidad y la capacidad de transmisión de cargas durante un incendio.

Es normal que la tendencia general en vías de evacuación y escaleras tengan las más elevadas exigencias y se prescriba la incombustibilidad de los materiales. En unos pocos países se puede utilizar madera ignífuga.

Un ejemplo más riguroso sobre la elección de los materiales en la construcción es el de la legislación francesa, en donde las disposiciones determinan los materiales que se deben emplear en cada casa de acuerdo con dos conceptos, su reacción y su resistencia al fuego. Además se presentaban detalles constructivos.

La reacción al fuego permitía dividir los materiales en inflamables y no inflamables y a su vez, los que producen llama se subdividían en difícil, mediana y fácilmente inflamables.

Esto ya ha sido modificado por la EN -13501 que establece un nuevo y más preciso sistema de clasificación de los materiales de construcción en correspondencia con su comportamiento al fuego.

7.2.2 Legislación de Estados Unidos. (ref. 4, 27)

En Estados Unidos no existe una reglamentación única sino varios códigos, por estados o regiones. Sin embargo, prácticamente en todo el país existe un espíritu único para la redacción de dichas normas.

La National Fire Protection Association, NFPA, es una organización reconocida internacionalmente que constituye una fuente importante para el desarrollo y diseminación de conocimiento sobre seguridad contra incendios y de vida. Su sede está en Quince, Massachussets, Estados Unidos y se dedica fundamentalmente a desarrollar normas respecto al tema.

El sistema de desarrollo de los códigos y normas de la NFPA es un proceso abierto basado en el consenso que ha producido algunos de los más referenciados materiales en la industria de la protección contra incendios, incluyendo el "Código Eléctrico Nacional", el "Código de Seguridad Humana", el "Código de Prevención de Fuego" y el "Código Nacional de Alarmas de Incendios".

Las publicaciones de la NFPA han sido traducidas a varios idiomas y son referenciadas alrededor del mundo.

7.2.3 NBE - CPI - 96 (anexo B.3). (ref. 23)

Este punto está orientado a destacar los temas que son interesantes en la Norma Básica de la Edificación, Condiciones de Protección Contra Incendios (NBE-CPI-96) y que no son tocados, o bien son nombrados de forma muy superficial en la normativa nacional.

El principal punto a destacar es el que dice relación con la clasificación de los materiales de construcción conforme a la UNE 23.727, en donde los materiales se clasifican desde M0 hasta M4, en donde el número indica la magnitud relativa en cuanto a favorecer el desarrollo de un incendio (ver punto 13.2, anexo B.3.1).

En el punto 15.2 la normativa española se refiere a las condiciones que deben cumplir las fachadas colindantes con muros medianeros (ver imágenes en el mismo anexo), esto corresponde a una medida de resguardo para que el fuego no se propague hacia el recinto contiguo por medio de las fachadas. El punto 15.3 es análogo al que lo precede, esta vez referenciado a las medianerías o los elementos de compartimentación en sectores que acometen a la cubierta de ambos sectores.

Para este último caso, la norma chilena en su artículo 4.3.14 (ver anexo B.1.1) estipula que los muros cortafuegos deberán prolongarse a lo menos 0.5 m más arriba de la cubierta del techo más alto, sin embargo, en ningún caso otorga la solución de que la cubierta tenga una resistencia mayor o igual a la mitad exigida para el muro medianero. A su vez, hasta en este caso la norma española es más exigente pues exige una altura del muro medianero mayor de 0.6 m para que no sea necesario la solución anterior.

Por último, la norma española es muy clara en cuanto al nivel de seguridad que deben tener los materiales de revestimiento que se presentan en ciertos lugares de evacuación (ver tabla 2, artículo 16, anexo B.3.1). Incluso en el artículo subsiguiente hace alusión a las exigencias que deben tener los materiales que se encuentran en el interior de cielos falsos, tanto los que son usados como aislamiento térmico como acústico. No obstante lo anterior, la norma chilena carece de tal nivel de exigencia.

7.2.4 Documento Básico SI. Seguridad en caso de incendio (anexo B.2): (ref. 24)

Este documento básico en su sección 6 “resistencia al fuego de la estructura” se refiere a las condiciones que deben cumplir las estructuras y elementos de construcción, de tal modo que puedan cumplir con los requerimientos de resistencia al fuego.

Esta sección establece los requerimientos mínimos que deben cumplir las estructuras principales, las secundarias y los elementos de construcción para cumplir con la normativa y, entrega las siguientes alternativas para establecer la resistencia al fuego de un elemento de construcción:

- a) comprobando las dimensiones de su sección transversal con lo indicado en las distintas tablas según el material dadas en los anejos C a F, para las distintas *resistencias al fuego*;
- b) obteniendo su resistencia por los métodos simplificados dados en los mismos anejos.
- c) mediante la realización de los ensayos que establece el Real Decreto 312/2005 de 18 de marzo.

Luego, los siguiente puntos del anexo B (desde B.2.2 a B.2.5) se tienen los anejos C a F, los cuales entregan una metodología de cálculo para determinar la resistencia al fuego de las estructuras de hormigón armado, la resistencia al fuego de los elementos de acero, la resistencia al fuego de las estructuras de madera y la resistencia al fuego de los elementos de fábrica que se desglosan a continuación:

El anejo C (ver B.2.2) entrega un metodología para determinar la resistencia al fuego de elementos de hormigón armado mediante la representación de la curva normalizada tiempo-temperatura. Este punto se desglosa mediante el cálculo general de la distancia mínima equivalente de los ejes de la armadura. Luego, en el punto C.2.2 se entrega una metodología para determinar las características que debe tener los muros o soportes acorde a la distancia antes señalada, espesor y la cantidad de caras a la cual puede estar expuesto al fuego dicho elemento. El siguiente punto corresponde a la determinación de la resistencia al fuego de vigas, que a su vez se desglosa en vigas con las tres caras expuestas al fuego, con todas sus caras expuestas al fuego, losas macizas, forjados bidireccionales y forjados unidireccionales. Finalmente, en C.3 se entregan una serie de gráficos que corresponden a las isotermas que se presentan en elementos de hormigón armado con ciertas dimensiones y resistencias al fuego.

El anejo D (ver B.2.3) establece un método simplificado que permite determinar la resistencia de los elementos de acero mediante la representación de la curva normalizada tiempo-temperatura. A grandes rasgos, este anejo se desglosa entregando un método simplificado de cálculo para vigas y tirantes, para soportes de estructuras arriostradas y la determinación de la temperatura del acero. Las conexiones merecen un punto aparte pues se deben cumplir condiciones iguales o más exigentes que los elementos que une.

El anejo E (ver B.2.4) se establece un método simplificado que permite determinar la resistencia al fuego de elementos estructurales de madera a partir de la representación de la curva normalizada tiempo-temperatura. Como la capacidad portante de la madera se establece considerando la superficie eficaz, esto es, eliminando la zona carbonizada, existe el método de la sección reducida que permite determinar la resistencia al fuego de elementos luego de haber sido sometidos al fuego un tiempo dado. Para estos efectos, dicho método permite estimar la profundidad carbonizada y la velocidad de carbonización nominal de cálculo. A su vez, éste último se desglosa en maderas sin protección y aquellas que cuentan con protección. El método consiste en una serie de cálculos que no es de interés reproducirlos en este capítulo pues están detallados en el anexo. Sí es importante destacar que dicho método así como los anteriores permiten estimar de forma aproximada si algunos elementos cumplirán con la resistencia al fuego que se propone. Por otra parte este anejo también entrega un método simplificado de cálculo, que se desglosa de forma individual para el caso de vigas, soportes y elementos compuestos con uniones mecánicas. El punto siguiente (E.4) trata de las uniones entre elementos mediante clavos,

pernos, pasadores y conectores de anillo y de placa. Y, los dos siguientes puntos se refieren a las disposiciones constructivas y adhesivos respectivamente.

Finalmente, el anejo F (ver B.2.5) establece la resistencia al fuego que aportan los elementos de fábrica de ladrillo cerámico o silico-calcáreo y los de bloques de hormigón, ante la exposición térmica según la curva normalizada tiempo-temperatura. Este anejo se resume básicamente en un par de tablas que sólo pueden ser aplicables para muros y tabiques que deben cumplir ciertas condiciones detalladas en el anexo.

7.2.5 Normativa europea de reacción al fuego de los materiales de construcción. (ref. 1, 4, 23 y 24)

La nueva normativa de reacción al fuego de los materiales de construcción ha afectado a organismos de reglamentación entidades de certificación e inspección, laboratorios de ensayo y fabricantes y ha conllevado a:

- la elaboración de una nueva normativa de ensayos para la obtención de la clasificación de reacción al fuego (Euroclase).
- la elaboración y publicación de decisiones, comunicaciones y normativa por parte de la Comisión Europea

Luego, los centros tecnológicos han renovado sus laboratorios de reacción al fuego, invirtiendo en el equipamiento e instalaciones necesarias para realizar los ensayos según la nueva normativa de ámbito europeo EN 13501-1:2002.

Esta directiva establece que los productos de construcción deberán cumplir con los denominados requisitos esenciales para ser puestos en el mercado europeo, siendo:

- Resistencia mecánica y estabilidad
- Seguridad en caso de incendio
- Higiene, salubridad y respeto al medio ambiente
- Seguridad en su utilización
- Protección contra el ruido
- Ahorro de energía y aislamiento térmico

En el caso de la protección contra incendios (requisito esencial num.2), la directiva afecta a todos los aspectos de la reacción y la resistencia al fuego, o sea materiales y elementos estructurales del edificio, instalaciones de servicio así como medios de detección y extinción de incendios (excluyendo extintores por no ser elemento permanente).

Los principios básicos establecidos por la directiva para el cumplimiento del requisito esencial número 2 son que las obras deberán proyectarse y construirse de forma que, en caso de incendio:

- La capacidad de sustentación de la obra se mantenga durante un período de tiempo determinado;
- La aparición y propagación de fuego y humo dentro de la obra estén limitados;
- La propagación de fuego a obras vecinas esté limitado,
- Los ocupantes puedan abandonar la obra o ser rescatados por otros medios,
- Se tenga en cuenta la seguridad de los equipos de rescate,

Estos objetivos se consiguen mediante el correcto diseño del edificio (lo que no es objeto de la Directiva) y del control de las exigencias a los productos que componen el edificio, ya sean

sus materiales (Reacción al fuego) o de sus elementos constructivos (Resistencia al fuego) que sí son objeto de la directiva.

Con el fin de asegurar el cumplimiento de las citadas exigencias, la directiva crea la figura del marcado CE. Se trata de un sistema de control de la fabricación del producto, que exige al fabricante una instalación y mantenimiento de un sistema reconocido de control de la fabricación así como una verificación de las prestaciones funcionales del producto con relación a los requisitos esenciales que le sean aplicables mediante utilización de normas de producto armonizadas, normas reconocidas, documentos de idoneidad técnica (DITE) o especificaciones técnicas nacionales reconocidas.

En la reacción al fuego de un material se evalúan los siguientes aspectos:

- Combustibilidad, siendo ésta la capacidad del material de mantener o no un proceso de combustión en unas determinadas condiciones de ensayo.
- Potencial calorífico o calor de combustión, que cuantifica la cantidad de energía calorífica liberada por el material por unidad de masa en una combustión completa.
- Inflamabilidad, que es la facilidad que tiene un material combustible para emitir gases que ardan. De este concepto derivan otros tales como: i) velocidad de propagación que evalúa el avance superficial del frente de llamas, ii) ritmo de cesión de calor relacionado con la velocidad de generación de calor por unidad de tiempo, y iii) desprendimiento total de calor que proporciona una idea de la cantidad de calor desprendida en un determinado intervalo de tiempo.
- Emisión de humos, opacidad o capacidad para impedir la visión y por tanto dificultar la evacuación. No se debe olvidar que el humo es generalmente la primera manifestación detectada de un incendio en marcha, capaz de extenderse por todo el edificio, creando las primeras sensaciones de pánico, y por tanto incrementando la gravedad del peligro.
- Caída de partículas inflamadas, ya sea en forma de gotas o de material desprendido. Se debe tener en cuenta que cada gota/partícula inflamada desprendida puede ser un foco potencial de incendio.
- Toxicidad de gases, considerada como la causa principal de mortandad en los siniestros por fuego, ya que son los gases tóxicos los que provocan, por intoxicación y asfixia, el mayor número de fallecidos.

De la enorme multiplicidad de situaciones en las que un incendio puede iniciarse y desarrollarse, la Comisión Europea ha tomado en consideración la elección de cuatro situaciones típicas (escenarios) considerados por la experiencia como más representativos de lo que sucede en un fuego real. Así se tienen los siguientes escenarios:

- Ataque de llama puntual sobre una superficie limitada: Representado por el ensayo de pequeño quemador UNE EN ISO 11925-2:2002, simula una etapa inicial del incendio. Consiste en la exposición del material a la acción de una llama puntual sin radiación adicional que simula la potencia calorífica de un soplete o mechero.
- Único elemento ardiendo en la esquina de una habitación: Representado por el ensayo de S.B.I (Single Burning Item) de acuerdo a la norma UNE EN 13823:2002. Simula un escenario de fuego previo al “flashover”, entendiéndose éste como el instante en el cual el incendio pasa de estar localizado (por ejemplo, papelera colocada en la esquina de una habitación) a estar involucrado totalmente el recinto que la contiene.
- Fuego totalmente desarrollado en una habitación: Representado por los ensayos a pequeña escala UNE EN ISO 1182:2002 de determinación de la no combustibilidad y

UNE EN ISO 1716:2002 para la determinación del potencial calorífico superior, así como del ensayo a escala real según el ensayo de Room Corner Test (EN ISO 14390:2002). Simula el escenario de fuego posterior al “flashover”, es decir fuego plenamente desarrollado en el interior de un recinto.

- Fuego totalmente desarrollado en una habitación adyacente: Este escenario, aplicable únicamente a revestimiento de suelos, simula la radiación que sufre un revestimiento de suelos cuando la habitación adyacente ha superado la situación de “flashover”.

Con el fin de cuantificar los aspectos establecidos y simular, en la medida de lo posible los distintos escenarios de fuego, el Comité Europeo de Normalización (CEN) estableció 5 ensayos; cuatro de ellos ya existían como normas ISO mientras que el quinto de ellos, el ensayo de SBI, es un ensayo completamente nuevo.

Los cinco ensayos referidos anteriormente son los siguientes:

- EN ISO 1182:2002. Ensayo de no combustibilidad.
- EN ISO 1716:2002. Determinación del calor de combustión.
- EN 13823:2002. Productos de construcción excluyendo revestimientos de suelos expuestos al ataque térmico por un único objeto ardiendo.
- EN ISO 11925-2:2002. Inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única.
- EN ISO 9239-1:2002. Ensayo de reacción al fuego de los revestimientos para suelos. Parte 1: Determinación del comportamiento al fuego mediante una fuente de calor radiante.

Estos ensayos a pequeña y mediana escala están relacionados y complementados con otras dos normas:

- EN 13501-1:2002. Clasificación en función del comportamiento ante el fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de los datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.
- EN 13238:2001. Procedimientos de acondicionamiento y reglas generales para la selección de sustratos.

La norma EN 13501-1:2002 permite clasificar, dependiendo de los resultados obtenidos en los ensayos, los materiales de construcción en la Euroclase correspondiente. En dicha norma se definen:

- Euroclases de reacción al fuego.
- Equipos, principios de ensayo y métodos adecuados de preparación de muestras.
- Criterios de comportamiento exigibles para revestimientos de paredes, techos y suelos.
- Campo de aplicación directa de los resultados de ensayo.

La reacción al fuego de un material viene por tanto definida por su Euroclase correspondiente que abarca reacción al fuego, densidad de los humos que se generan en la combustión y el desprendimiento de gotas/partículas inflamadas.

Así para revestimientos de paredes y techos la Euroclase viene definida por tres parámetros: una primera letra (A1, A2, B, C, D, E y F) indica la reacción al fuego del material en términos de inflamabilidad, desarrollo de llamas, velocidad de cesión de calor, etc., un segundo parámetro indicativo del grado de opacidad de humos (s1, s2 y s3) y otro tercero indicativo de la naturaleza de las gotas o partículas desprendidas en su caso (d0, d1 y d2).

Por su parte, los revestimientos de suelos quedan definidos por, únicamente, dos parámetros: una primera letra (A1fl, A2fl, Bfl, Cfl, Dfl, Efl y Ffl,) y un segundo relativa a la opacidad de los humos generados (s1 y s2) similares al caso de revestimientos de paredes y techos.

De esta forma la Euroclase de reacción al fuego de un material lleva asociada una gran información. Detalla la contribución en un incendio, desde materiales con muy pequeña o nula contribución, hasta aquellos fácilmente inflamables, que generan una determinada cantidad de humos y que desprenden o no gotas/partículas inflamadas de distinta persistencia.

Así por ejemplo un revestimiento de paredes y techos que presente una clasificación Bs2d0 significa que presenta buena reacción al fuego (cercana a la no inflamabilidad), una moderada emisión de humos y no desprende gotas ni partículas inflamadas persistentes.

Un revestimiento de suelos que haya obtenido la clasificación de Dfls2 presenta unas características de moderada inflamabilidad y desarrollo de llamas, así como una elevada opacidad de humos de combustión.

7.2.6 Otras normas y su legislación en la clasificación de materiales. (ref. 1 y 4)

Los materiales de construcción se clasifican en incombustibles o combustibles. Estos últimos, a su vez, se subclasifican según su grado de inflamabilidad o de la propagación superficial de llama, según cual sea la normativa empleada. Así, las normas DIN clasifican los materiales de construcción en:

Tabla 7.5: Clasificación de materiales ante comportamiento al fuego

Clasificación	Denominación
A	Incombustible
A1	
A2	
B	Combustible
B1	Difícilmente inflamable
B2	Medianamente inflamable
B3	Inflamable

En cambio las normas argentinas las clasifican en:

Tabla 7.6: Cuadro comparativo de clasificación de materiales ante comportamiento al fuego de las normas extranjeras

clase	Denominación	Índice de propagación de llama	equivalencias con normas	
			ABNT ME - 24	UNE 23.727
RE 1	Incombustible	-	-	M 0*
RE 2	Muy baja propagación de llama	0 - 25	Clase A	M 1*
RE 3	Baja propagación de llama	26 - 75	Clase B	M 2*
RE 4	Mediana propagación de llama	76 - 150	Clase C	M 3*
RE 5	Elevada propagación de llama	151 - 400	Clase D	M 4*
RE 6	Muy elevada propagación de llama	>400	Clase E	M 4*

* Dado que para las clases M1 a M4 los métodos de ensayos y de clasificación de las Normas UNE difieren de las adoptadas por IRAM y ABNT, la equivalencia con estas últimas es tan solo aproximada y puede diferir notoriamente en algunos casos.

No existe una correlación directa entre la clasificación de los materiales de construcción según las normas DIN, IRAM, ABNT o UNE. Por lo tanto, un ejercicio práctico para efecto de entender la legislación extranjera, es comparar un material de uso común, como por ejemplo, el poliestireno expandido utilizado en los cielorrasos: corresponde a la clasificación B1 “difícilmente inflamable” según la norma DIN 4102-1 y RE2 “de muy baja propagación de llama” según la norma IRAM que equivale, a su vez, a la “Clase A” de la norma brasileña ABNT ME-24. Además, clasifica como "M1" según la norma española UNE 23.727.

Por otra parte, en Argentina las normas IRAM especifican para cielorrasos de poliestireno expandido, el empleo del tipo RE2 (según norma IRAM 11.910-1: Materiales de construcción - Reacción al fuego - Clasificación de acuerdo con la combustibilidad y con el índice de propagación superficial de llama.) o del tipo “difícilmente inflamable” (según norma DIN 4102-1: Materiales de construcción; Definiciones, Requisitos y Ensayos).

En la República Federal de Alemania, los estados federados tienen el poder de policía de construcción y dictan sus reglamentos para la edificación. Existe un reglamento modelo consensuado, a nivel nacional, que es utilizado por los diferentes estados federados para legislar los suyos propios que, aunque expresan las particularidades regionales y tradicionales, no difieren en mucho entre sí.

Para la legislación alemana se tiene que solamente los cielorrasos en cajas de escaleras de edificios de más de tres plantas con locales habitables deben ser de material tipo A (incombustible según DIN 4102), pudiendo ser de material tipo B2 (“normalmente inflamables”) o mejor, en todos los demás casos. En los pasillos, en cambio, que también constituyen vías de evacuación, podrán ser de material tipo B2 o mejor, en edificios de hasta dos plantas completas, debiendo ser de material tipo B1 (“difícilmente inflamable”), en los edificios más altos.

En los demás locales, los cielorrasos podrán ser de material tipo B2 o mejor. El material tipo B3 (“fácilmente inflamable”) solo se admite en casos especiales, con restricciones.

Las normas españolas establecen para los cielorrasos en los recorridos de evacuación (pasillos, escaleras y otros recorridos de evacuación) los materiales tipo M1 (equivalente a RE2 según norma IRAM) en el interior de “recintos protegidos” y en los “recorridos normales” de edificios hospitalarios. En los recorridos normales de los demás edificios, podrán ser del tipo M2.

Establecen, asimismo, para los cielorrasos de los locales de “riesgos especiales”, materiales tipo M1, vale decir de “muy baja propagación superficial de llama” (RE2 según IRAM).

CAPÍTULO VIII DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

8.1 Discusión.

La normativa nacional no impone exigencias acerca de los requisitos que deben cumplir los materiales de revestimiento, pues sólo diferencia los materiales combustibles de los incombustibles. Esta es una definición muy burda y limitada dado que no clasifica el real comportamiento al fuego que estos poseen. Por lo tanto, es importante la creación de una norma que pueda clasificar los materiales de acuerdo a tales criterios, es decir, basándose en las cualidades pirógenas y térmicas desarrolladas en este trabajo de título.

Si se llegase a tener tal clasificación, como es en el caso de los países más desarrollados, la normativa nacional podría hacer alusión a tal clasificación de materiales, de tal modo que se regule y se evite la presencia de materiales peligrosos, o bien propensos a generar incendios en lugares donde debe existir un alto grado de seguridad como es el caso de vías de evacuación, zonas hospitalarias, colegios, etc.

La Ordenanza también carece de una buena legislación en cuanto a la disposición que deben tener los elementos de construcción. Si bien es cierto, plantea una buena clasificación de las resistencias que deben cumplir ciertos elementos, aún así no toma en consideración que las llamas se pueden propagar a través de las viviendas por medio de fachadas. Esto incluye tanto el elemento constructivo de fachada como los decorativos (cortinas o persianas) por lo tanto, al igual que la normativa española debiera tomar ese tipo de resguardo en caso de que el fuego se pueda propagar de forma horizontal, o bien vertical para el caso de departamentos.

La normativa nacional no hace alusión a las NCh 2121/1 y NCh 2121/2 que es el estudio del comportamiento al fuego de plásticos. En caso de concretarse una posible clasificación de materiales, esta norma será de gran ayuda, pues hoy en día los materiales más comunes que se encuentran dentro de las viviendas son los plásticos.

Es de esperarse que en un futuro cercano la legislación nacional regule el uso de todo tipo de materiales de construcción, incluso los de alhajamiento que pueden estar presente en una vivienda y tenga un pésimo comportamiento al fuego, potenciando los tratamientos ignífugantes, así como también, las fibras resistentes a la llama, entre otras medidas de resguardo.

Mediante esto último, se puede realizar una doble contribución: reducción de la calidad de materiales combustibles presentes en las viviendas y, optimización de la calidad de aquellos materiales que presentan un buen comportamiento al fuego, es decir, aquellos considerados desde el punto de vista de su resistencia a la ignición, velocidad de propagación de llama y a la emisión de bajas concentraciones de gases tóxicos, densos, y opacos.

Las concentraciones de gases tóxicos transportados por el aire y, sus variaciones con el tiempo, quedan determinadas por la dinámica del fuego, que a su vez, depende de la naturaleza y cantidad de materiales combustibles existentes, de la naturaleza de las fuentes de ignición y de otros factores, tales como las condiciones ambientales de ventilación y la eficacia de los sistemas de eliminación de humos y la extinción. Estos factores cobran vital importancia durante el desarrollo del incendio, lo que da a lugar a la importancia de contar con una buena protección activa en la proyección y materialización de la edificación en caso de que llegue a fallar la protección pasiva.

8.2 Conclusiones

Sin duda que la principal causa de muerte en los incendios es el humo. La dosis de gases tóxicos absorbido por todo aquel que se haya dentro de la zona de incendio o en un lugar cercana a ésta, está relacionada directamente con las concentraciones de dichos gases transmitidas por el aire y, con el tiempo durante el cual el ocupante queda expuesto a aquéllas. Es por tal razón que se deben seleccionar elementos de construcción cuyos materiales emanen humos lo menos tóxicos y opacos posible. En primer lugar, para evitar que los ocupantes del edificio mueran a causa de la absorción de tales y gases; y en segundo lugar, para garantizar que las personas puedan evacuar el edificio sin que el humo participe como un elemento obstaculizante por efecto de su opacidad.

Esto último no tan solo depende de la una inteligente elección de los materiales y elementos de construcción, sino que está estrechamente ligado al diseño arquitectónico del edificio, pues si se diseña una eficaz compartimentación, es posible conseguir la aislación del fuego y del humo en su lugar de origen, y así, evitar que los ocupantes mueran asfixiados. De igual modo, si se diseña una eficaz vía de evacuación, se garantiza que los ocupantes puedan rápida y expeditamente desalojar el edificio.

El fenómeno de globalización hace que el país esté más cerca de contar con productos nuevos y de alto avance tecnológico en la industria de la construcción, sin embargo la realidad económica del país no permite que se puedan adquirir materiales sofisticados que aumente la prevención de incendios y por lo tanto se reduzcan la tasa de producción de los mismos. En vista de lo anterior, las autoridades tienen que tomar las medidas del caso, imponiendo una legislación más restrictiva exigiendo el uso de tratamientos ignifugantes, sellos de penetración, pinturas intumescentes, etc.

En este sentido, una de las maneras de reducir la amenaza de incendio, o al menos, moderar en lo posible la magnitud del fuego, es controlar las propiedades de los materiales combustibles, y para ello, los materiales deben contar con un aumento de la resistencia a la ignición mediante la adecuada aplicación de retardantes.

Esta globalización hace que se cuente con mayor información acerca de los estudios y resultados que se desarrollan en el extranjero. Si se pudiera estimar los costos que implican desarrollar esos ensayos para luego comprar o hacer los aparatos, de tal modo que se puedan montar en alguna de las dependencias del IDIEM o algún laboratorio de prestigio reconocido, permitiría aumentar la calidad y cantidad de estudio de los materiales en cuanto a su comportamiento al fuego.

En vista de que hasta ahora no se cuenta con tal tecnología, la normativa nacional aún así debiera aplicar restricciones basadas en estudios de instituciones extranjeras, al menos, las que son más urgentes aplicar. Obviamente, no se sugiere hacer una copia exacta de la normativa extranjera de algún país en particular, sino que simplemente aplicar las restricciones más urgentes que evidentemente constituyen un peligro y riesgo de incendio como es el caso de los materiales de revestimiento.

En la medida que nuestro país se acerca a ser un poco más desarrollado, la infraestructura de sus edificios comienzan a ser cada vez más sofisticada, importándose una enorme variedad de materiales e implementándose una enorme variedad de soluciones constructivas que se escapan de la legislación nacional. Producto de lo anterior, es importante que la legislación nacional evolucione a la par de dichos progresos, es decir, que restrinja el uso de materiales que tienen un

mal comportamiento frente al fuego, y regule las alternativas constructivas que no garantizan la seguridad de los ocupantes frente a un incendio.

Ejemplo de lo anterior lo constituyen los elementos vidriados, que hasta escaleras hay construidas con tal material. Sin embargo, la legislación nacional al no tener una buena definición y clasificación de los materiales que brindan un correcto comportamiento al fuego, se seguirá construyendo elementos divisorios o de cierre con tales materiales.

8.3 Recomendaciones.

Las especificaciones encaminadas a la selección de materiales debería basarse también, en la posible contribución que éstos ejercen como agentes responsables de muerte y no sólo en sus cualidades mecánicas, térmicas y acústicas, teniendo en cuenta las características de combustibilidad, resistencia al fuego, propagación de la llama de los materiales y las demás cualidades pirógenas que se abordan en el presente trabajo de título.

El fuego es un factor importante a tener en cuenta durante el proyecto y la construcción. El proyectista durante la elaboración del proyecto, el jefe de obra en el control y los instaladores a la hora de montar los sistemas, juegan un papel decisivo para evitar problemas que puedan derivar en tragedia. Por lo tanto, es importante concientizar en este sentido y capacitar a todos los participantes de la actividad de la construcción de tal modo que tomen las medidas adecuadas de resguardo.

Como el tema de incendio atañe a todas las personas, y su estudio a los profesionales ligados al rubro de la construcción, es importante que se potencie el estudio y las recomendaciones de seguridad y salvatajes desde el inicio de la vida escolar. En particular, es extremadamente importante que existan cursos obligatorios en la malla curricular de las carreras orientadas a la arquitectura, ingeniería y construcción, o al menos, que se aborden como capítulo en el plan de estudio de algunos de los cursos.

En el caso particular de la escuela de ingeniería de la Universidad de Chile, este tema debiera abordarse en el diseño de estructuras de hormigón y principalmente en las estructuras de acero. En una primera instancia, en los cursos en los cuales se debe diseñar tales estructuras, y ya más cabalmente, en los cursos de proyectos cuando se está terminando la carrera. Estas condiciones de diseño se pueden basar en las recomendaciones que se presentan en el anexo B.2 de este trabajo de título.

Sin embargo, si sólo en el diseño nos limitáramos a estudiar tal condición, lo más probable es que el diseño estructural cumpla con las condiciones de resistencia al fuego, por lo tanto de todos modos es importante que el curso de incendio sea considerado como un curso obligatorio en el plan de estudio. Más importante aún es que en las escuelas de arquitectura se cuente con cursos obligatorios en el diseño de edificios contra incendios dado que finalmente son estos profesionales, quienes escogen los materiales con los que se va a revestir los elementos estructurales.

Como ya se ha mencionado en variadas oportunidades a lo largo del desarrollo de esta memoria, la normativa nacional necesita una importante reestructuración para estar a la par con la legislación extranjera. Falta estudio y falta tecnología más avanzada, para desarrollar tales estudios de comportamiento al fuego, que permitan concretar con una reglamentación más precisa y eficiente. Quizá las universidades en conjunto con las autoridades gubernamentales debieran invertir en traer tal tecnología al país de tal modo que aumente la seguridad y no se siga lamentando la gran cantidad de incendios que ocurren a diario en de todo el país.

La NCh 935/1 establece los criterios de ensayo de elementos de construcción en general, excluyendo los elementos de cierre como por ejemplo, puertas. Sin embargo, como su título lo dice, es una norma demasiado genérica, es por ello que hace falta que se desarrollen otras normas más detalladas para cada elemento constructivo, en particular, de cielos falsos y escaleras, de tal modo que se pueda normalizar cualquier tipo de alternativa constructiva que se pretenda diseñar.

CAPÍTULO IX BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS.

TEXTOS Y PUBLICACIONES.

1. Ruiz Muñoz, R. J. (2005) “Estudio del comportamiento al fuego de los materiales de construcción”. Memoria de Ingeniero Civil. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
2. Contreras González, C. A. y Naranjo Iturra, M. “Reglamentación sobre prevención de incendios en edificios”. Memoria para optar al título de Constructor Civil. Universidad Tecnológica Metropolitana, Escuela de Construcción Civil.
3. Salinas Diaz, C. I. (2005) “Reducción efecto e importancia de humos en incendios. Su comportamiento y control en edificios de gran volumen”. Memoria de Ingeniero Civil. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
4. Avilés Gavilán, G.L.(2004) “Factibilidad de implementación de un laboratorio de reacción al fuego para la universidad del Bío-Bío según las euroclases”. Magíster en diseño y construcción en madera. Universidad del Bío.-Bío, Facultad de arquitectura construcción y diseño.
5. NCh 850 Of 83. Aislación térmica – Método para la determinación de la conductividad térmica en estado estacionario por medio del anillo de guarda.
6. NCh 851 Of 83. Aislación térmica – Determinación de coeficientes de transmisión térmica por el método de la cámara térmica.
7. NCh 853 Of 91. Acondicionamiento térmico – Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.
8. NCh 935/1 Of 97. Prevención de Incendios en Edificios. Ensaye de resistencia al fuego. Parte 1: Elementos de Construcción en general.
9. NCh 935/2 Of 84. Prevención de Incendios en Edificios. Ensaye de resistencia al fuego. Parte 2: Puertas y otros elementos de cierre.
10. NCh 1914/1 Of 84. Ensaye de reacción al fuego. Parte 1: Determinación de la no combustibilidad de materiales de construcción.
11. NCh 1914/2 Of 85. Ensaye de reacción al fuego. Parte 2: Determinación del calor de combustión de materiales en general.
12. NCh 1916 Of 99. Prevención de incendios en edificios - Determinación de cargas combustibles.
13. NCh 1974 Of 86. Pinturas - Determinación del retardo al fuego.
14. NCh 1977 Of 85. Determinación del comportamiento de revestimientos textiles a la acción de una llama.
15. NCh 1979 Of 87. Determinación del comportamiento de telas a la acción de una llama.
16. NCh 2121/1 Of 91. Prevención de incendio en edificios - Parte 1: Determinación del comportamiento de plásticos autosoportantes a la acción de una llama.

17. NCh 2121/2 Of 91. Prevención de incendio en edificios - Parte 2: Determinación del comportamiento de plásticos flexibles a la acción de una llama.
18. NCh 2209 Of 93. Prevención de incendio en edificios – Ensayo del comportamiento al fuego de elementos de construcción vidriados.
19. Zemansky, Mark W.- Calor y termodinámica. Editorial. Aguilar S.A 1979
20. Sears, Francis W.- Termodinámica. Editorial Reverté, S.A. 1969
21. Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC). Año 2005.
22. Listado oficial del comportamiento al fuego de elementos y componentes de la construcción, año 2004.
23. Norma Básica de la Edificación NBE CPI-96. Condiciones de protección contra incendios en los edificios.
24. Documento Básico SI, Seguridad en caso de Incendio. Año 2006
25. Gabriel Rodríguez J. Apuntes Prevención de Incendio en Edificios. Profesor Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.
26. Catálogo de la Cámara Chilena de la Construcción. Año 2007
27. NFPA. Manual de Protección contra Incendios. Editorial MAPFRE. 1991.
28. Gabriel Rodríguez J. (2003) “El humo en los incendios y su control”. Prevención de riesgos N°64.
29. Gabriel Rodríguez J. (2006) “Incendio del edificio Diego Portales”. Prevención de riesgos N°73.

SITIOS WEB:

30. Ministerio de Vivienda y Urbanismo www.minvu.cl.
31. Conceptos generales de la protección contra incendio. www.isover.net.
32. http://es.wikipedia.org/wiki/Gran_incendio_de_Roma
33. http://es.wikipedia.org/wiki/Gran_Incendio_de_Londres
34. http://es.wikipedia.org/wiki/Incendio_de_la_Iglesia_de_la_Compa%C3%B1a%20de%20ADa
35. http://es.wikipedia.org/wiki/Incendio_de_Manizales
36. http://es.wikipedia.org/wiki/Incendio_del_supermercado_Ycu%C3%A1_Bola%C3%B1os

COMUNICACIÓN PERSONAL:

37. Gabriel Rodríguez J. Profesor área Física de la Construcción e Incendios, IDIEM, Universidad de Chile. Escuela de Ingeniería. Profesor Guía.
38. Miguel Bustamante S. Jefe de sección Edificación y Habitabilidad, IDIEM. Universidad de Chile. Profesor de comisión.

ANEXO A

A.1 Cálculo de masividades (ref. 8)

1 Perfiles sin protección

a) Perfiles soldados series IN y HN:

$$A = (b - t) \cdot (e_1 + e_2) + H \cdot t$$

$$P_{3 \text{ lados}} = 2H + 3b - 2t$$

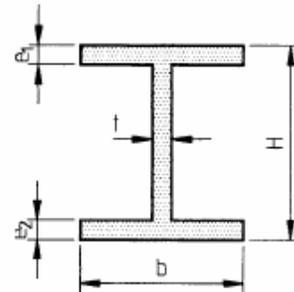
$$P_{4 \text{ lados}} = 2H + 4b - 2t$$

en que:

H = altura del perfil, cm;

b = ancho del ala, cm;

t = espesor del alma, cm.



b) Cajones plegados rectangulares o cuadrados:

$$A = 2 \cdot e \cdot (b + H - 8e) + 3 \cdot \pi \cdot e^2$$

$$P_{3 \text{ lados}} = 2 \cdot [H + b/2 - 2 \cdot (4 - \pi) \cdot e]$$

$$P_{4 \text{ lados}} = 2 \cdot [H + b - 2 \cdot (4 - \pi) \cdot e]$$

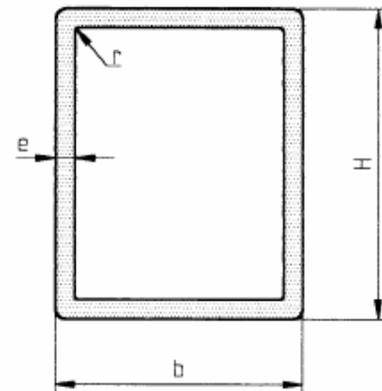
en que:

H = altura del perfil, cm;

b = ancho del perfil, cm;

e = espesor del Perfil, cm;

r = radio de plegado = e, cm.



c) Canal plegado.

$$A = e \cdot (2b + H - 8e) + 3/2 \cdot \pi \cdot e^2$$

$$P_{3 \text{ lados}} = 2H + 3b - 3 \cdot (4 - \pi) \cdot e$$

$$P_{4 \text{ lados}} = 2H + 4b - 3 \cdot (4 - \pi) \cdot e$$

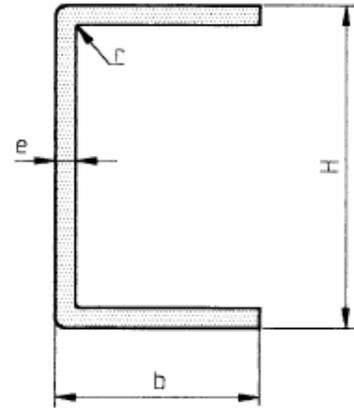
en que:

H = altura del perfil, cm;

b = ancho del perfil, cm;

e = espesor del perfil, cm;

r = radio de plegado = e; cm.



d) Tubos plegados:

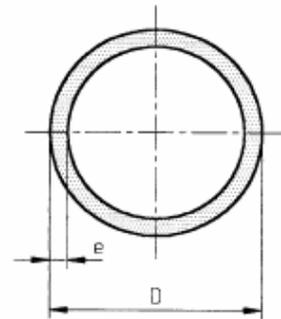
$$A = \pi / 4 \cdot [D^2 - (D - 2e)^2]$$

$$P = \pi \cdot D$$

en que:

D = diámetro exterior del tubo, cm;

e = espesor de la pared, cm.



2 Perfiles protegidos

El cálculo del perímetro para perfiles protegidos se simplifica al no considerar el espesor de la protección. De este modo, cuando el perfil posee una protección que sigue su contorno, el perímetro corresponderá al mismo del perfil sin protección, mientras que si el perfil es encajonado por la protección su perímetro corresponderá al del contorno interno de dicha protección.

2.1 Ejemplos de cálculo de la masividad

2.1.1 Protección siguiendo el contorno del perfil

- a) Perfil ocupado como viga
(3 lados expuestos al fuego):

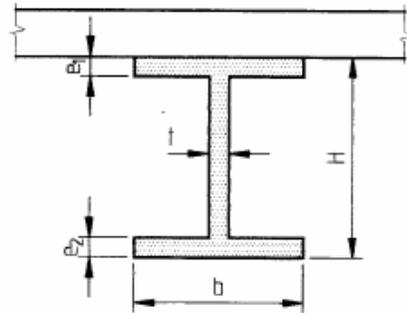
$$P_{3 \text{ lados}} = 2H + 3b - 2t$$

en que:

H = altura del perfil, m;

b = ancho del ala, m;

t = espesor del alma, m.



- b) Perfil ocupado como columna
(4 lados expuestos al fuego):

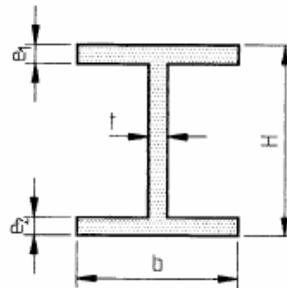
$$P_{4 \text{ lados}} = 2H + 4b - 2t$$

en que:

H = altura del perfil, m;

b = ancho del ala, m;

t = espesor del alma, m



2.1.2 Protección encajonando el perfil

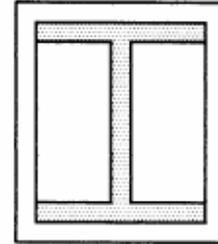
- a) Perfil ocupado como columna
(4 lados expuestos al fuego):

$$P_{4 \text{ lados}} = 2 \cdot b + 2 \cdot H$$

en que:

H = altura del perfil, m;

b = ancho del ala, m.



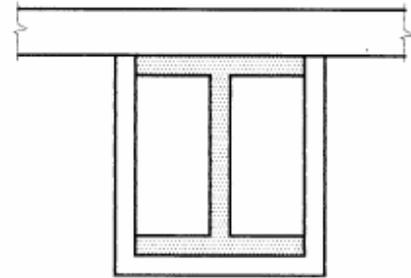
- b) Perfil ocupado como viga
(3 lados expuestos al fuego):

$$P_{3 \text{ lados}} = b + 2 \cdot h$$

en que:

H = altura del perfil, m;

b = ancho del ala, m.



- c) Perfil ocupado como columna embebido en muro perimetral (1 cara expuesta). Válido sólo si la resistencia al fuego del muro perimetral es igual o mayor que la exigida para el elemento estructural.

$$P_{1 \text{ lado}} = b$$

en que:

$$b = \text{ancho del ala, m.}$$

- d) Tubos circulares:

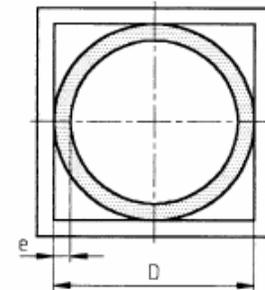
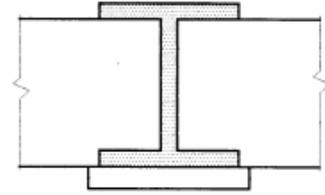
$$A = \pi / 4 \cdot [D^2 - (D - 2e)^2]$$

$$P = 4 \cdot D$$

en que:

$$D = \text{diámetro exterior del tubo, cm;}$$

$$e = \text{espesor de pared, cm.}$$



A.2 Tablas de correlación entre masividad y espesor de pinturas para determinar resistencia al fuego. (ref. 22)

A.2.1 Producto Intumescente en base acuosa de SHERWINN WILLIAMS CHILE S.A. Espesor de aplicación en micras [m⁻⁶]

PILARES DE ACERO

MASIVIDAD [m ⁻¹]	RESISTENCIA AL FUEGO			
	F 15	F 30	F 60	F 90
60	400	400	700	1300
70			750	1400
80			800	1450
90			850	1550
100				1650
110			900	1700
120			950	1800
130			1000	
140			1050	
150		450	1100	
160				
170		500	1150	
180			1200	
190			1250	
200		550	1300	
210				
220			1350	
230		600	1400	
240			1450	
250		650	1500	
260				
270			1550	
280		700	1600	
290			1650	
300				
310			1700	
320		750	1750	
330			1800	
340				
350				
360		800		
370	450			
380				
390				

A.2.2 Producto Intumescente en base acuosa de U.S. MINERAL PRODUCTS / DBA ISOLATEX INTERNATIONAL. Espesor de aplicación en micras [m⁻⁶]

PILARES DE ACERO

MASIVIDAD [m ⁻¹]	RESISTENCIA AL FUEGO			
	F 15	F 30	F 60	F 90
100	300	300	700	1400
110			750	1500
120			800	1550
130			850	1650
140				1750
150			900	
160			950	
170			1050	
180			1100	
190			1150	
200			1200	
210			1250	
220			1300	
230			1350	
240			1400	
250			1450	
260			1500	
270		350	1550	
280			1650	
290			1700	
300		400	1750	
310			1800	
320		450		
330				
340		500		
350				
360				
370		550		
380				
390		600		

A.2.3 Producto Intumescente en base acuosa de PINTURAS CREIZET S.A. Espesor de aplicación en micras [m⁻⁶]

PILARES DE ACERO

MASIVIDAD [m ⁻¹]	RESISTENCIA AL FUEGO			
	F 15	F 30	F 60	F 90
60	400	400	800	1500
70			850	1600
80			900	1700
90			950	1800
100			1000	
110			1050	
120		450	1100	
130			1150	
140			1200	
150		500		
160			1250	
170		550	1300	
180			1350	
190			1400	
200		600	1450	
210				
220			1500	
230		650	1550	
240			1600	
250				
260		700	1650	
270			1700	
280				
290			1750	
300		750	1800	
310				
320				
330		800		
340				
350				
360	450			
370				
380		850		
390				

**A.2.4 Producto Intumescente en base solvente de INDUSTRIAS CERESITA S.A.
Espesor de aplicación en micras [m⁻⁶]**

PILARES DE ACERO

MASIVIDAD [m ⁻¹]	RESISTENCIA AL FUEGO			
	F 15	F 30	F60	F 90
60	400	400	750	1400
70			800	1500
80			850	1600
90			900	1650
100		450	950	1750
110			1000	
120			1050	
130		500	1100	
140			1150	
150			1200	
160		550	1250	
170			1300	
180			1350	
190		600	1400	
200			1450	
210			1500	
220		650	1550	
230			1600	
240			1650	
250		700	1700	
260			1750	
270				
280		750		
290				
300				
310		800		
320	450			
330				
340		850		
350				
360				
370		900		
380	500			
390				

A.2.5 Producto Intumescente en base acuosa de PINTURAS TRICOLOR S.A. Espesor de aplicación en micras [m⁻⁶]

PILARES DE ACERO

MASIVIDAD D [m ⁻¹]	RESISTENCIA AL FUEGO			
	F 15	F 30	F 60	F 90
60	400	400	800	1450
70		450	850	1600
80			900	1750
90			950	
100		500	1000	
110			1050	
120			1100	
130		550	1150	
140			1200	
150			1250	
160			1300	
170		600	1350	
180			1400	
190				
200			1450	
210		650	1500	
220			1550	
230			1600	
240				
250			1650	
260		700	1700	
270			1750	
280				
290			1800	
300				
310		750		
320				
330				
340				
350				
360				
370				
380		800		
390				

ANEXO B

B.1 Extracto de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) (ref. 21)

B.1.1 Capítulo 3. DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO

Artículo 4.3.1. Todo edificio deberá cumplir, según su destino, con las normas mínimas de seguridad contra incendio contenidas en el presente Capítulo, como asimismo, con las demás disposiciones sobre la materia contenidas en la presente Ordenanza.

Se exceptúan de lo anterior los proyectos de rehabilitación de inmuebles que cuenten con Estudio de Seguridad y las edificaciones señaladas en el artículo 4.3.26 de este mismo Capítulo.

Las disposiciones contenidas en el presente Capítulo persiguen, como objetivo fundamental, que el diseño de los edificios asegure que se cumplan las siguientes condiciones:

- Que se facilite el salvamento de los ocupantes de los edificios en caso de incendio.
- Que se reduzca al mínimo, en cada edificio, el riesgo de incendio.
- Que se evite la propagación del fuego, tanto al resto del edificio como desde un edificio a otro.
- Que se facilite la extinción de los incendios.

Para lograr los objetivos señalados en el inciso anterior, los edificios, en los casos que determina este Capítulo, deberán protegerse contra incendio. Para estos efectos, se distinguen dos tipos de protección contra incendio:

- 1. Protección pasiva:** La que se basa en elementos de construcción que por sus condiciones físicas aíslan la estructura de un edificio de los efectos del fuego durante un determinado lapso de tiempo, retardando su acción y permitiendo en esa forma la evacuación de sus ocupantes antes del eventual colapso de la estructura y dando, además, tiempo para la llegada y acción de bomberos. Los elementos de construcción o sus revestimientos pueden ser de materiales no combustibles, con capacidad propia de aislación o por efecto intumescente o sublimante frente a la acción del fuego.
- 2. Protección activa:** La compuesta por sistemas que, conectados a sensores o dispositivos de detección, entran automáticamente en funcionamiento frente a determinados rangos de partículas y temperatura del aire, descargando agentes extintores de fuego tales como agua, gases, espumas o polvos químicos.¹

Artículo 4.3.2. Para los efectos de la presente Ordenanza, el comportamiento al fuego de los materiales, elementos y componentes de la construcción se determinará de acuerdo con las siguientes normas o las que las reemplacen:

Normas generales, sobre prevención de incendio en edificios:

- NCh 933 Terminología.
NCh 934 Clasificación de fuegos.

Normas de resistencia al fuego:

NCh 935/1 Ensaye de resistencia al fuego - Parte 1: Elementos de construcción general.
NCh 935/2 Ensaye de resistencia al fuego - Parte 2: Puertas y otros elementos de cierre.
NCh 2209 Ensaye del comportamiento al fuego de elementos de construcción vidriados.

Normas sobre cargas combustibles en edificios:

NCh 1914/1 Ensaye de reacción al fuego - Parte 1: Determinación de la no combustibilidad de materiales de construcción.
NCh 1914/2 Ensaye de reacción al fuego - Parte 2: Determinación del calor de combustión de materiales en general.
NCh 1916 Determinación de cargas combustibles.
NCh 1993 Clasificación de los edificios según su carga combustible.

Normas sobre comportamiento al fuego:

NCh 1974 Pinturas - Determinación del retardo al fuego.
NCh 1977 Determinación del comportamiento de revestimientos textiles a la acción de una llama.
NCh 1979 Determinación del comportamiento de telas a la acción de una llama.

Normas sobre señalización en edificios:

NCh 2111 Señales de seguridad. NCh 2189 condiciones básicas.

Normas sobre elementos de protección y combate contra incendios:

NCh 1429 Extintores portátiles - Terminología y definiciones.
NCh 1430 Extintores portátiles - Características y rotulación.
NCh 1433 Ubicación y señalización de los extintores portátiles.
NCh 1646 Grifo de incendio - Tipo columna de 100 mm - Diámetro nominal.

Normas sobre rociadores automáticos:

NCh 2095/1 Sistemas de rociadores- Parte 1: Terminología, características y clasificación.
NCh 2095/2 Sistemas de rociadores- Parte 2: Equipos y componentes.
NCh 2095/3 Sistemas de rociadores- Parte 3: Requisitos de los sistemas y de instalación.
NCh 2095/4 Sistemas de rociadores- Parte 4: Diseño, planos y cálculos.
NCh 2095/5 Sistemas de rociadores- Parte 5: Suministro de agua.
NCh 2095/6 Sistemas de rociadores- Parte 6: Recepción del sistema y mantención.

No obstante lo dispuesto en el inciso anterior, habrá un "Listado Oficial de Comportamiento al Fuego", confeccionado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo o por la entidad que éste determine, en el cual se registrarán, mediante valores representativos, las cualidades frente a la acción del fuego de los materiales, elementos y componentes utilizados en la actividad de la construcción.

Las características de comportamiento al fuego de los materiales, elementos y componentes utilizados en la construcción, exigidas expresamente en esta Ordenanza, que no se encuentren incluidas en el Listado Oficial de Comportamiento al Fuego, deberán acreditarse mediante el certificado de ensaye correspondiente emitido por alguna Institución Oficial de Control Técnico de Calidad de los Materiales y Elementos Industriales para la Construcción.

Aquellos proyectos que cuenten con un Estudio de Seguridad podrán utilizar materiales, elementos y componentes cuyo comportamiento al fuego se acredite mediante certificado de

ensayos expedido por entidades extranjeras, reconocidas internacionalmente y que efectúen los ensayos bajo normas de la Asociación Americana de Pruebas de Materiales - American Society for Testing and Materials (ASTM), de Laboratorios Aseguradores - Underwriter Laboratories (UL) o del Comité de Normas Alemán - Deutscher Normen-Ausschuss (Normas DIN).

Mientras no se dicten las demás Normas Técnicas Oficiales sobre sistemas de rociadores, los Estudios de Seguridad podrán utilizar las normas NFPA 13 de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego - National Fire Protection Association (N.F.P.A.).

Si al solicitarse la recepción definitiva de una edificación, alguno de los elementos, materiales o componentes utilizados en ésta no figura en el Listado Oficial de Comportamiento al Fuego y no cuenta con certificación oficial conforme a este artículo, se deberá presentar una certificación de un profesional especialista, asimilando el elemento, material o componente propuesto a alguno de los tipos que indica el artículo 4.3.3 de este mismo Capítulo y adjuntar la certificación de éstos en el país de origen. Si no fuere posible tal asimilación, el Director de Obras Municipales exigirá que se presente una certificación de ensayo de laboratorio emitido por una Institución Oficial de Control Técnico de Calidad de los Materiales y Elementos Industriales para la Construcción.

Para los efectos del presente Capítulo, se entenderá por componente, aquel producto destinado a la construcción que antes de su instalación presenta su forma definitiva, pero que sólo funciona conectado o formando parte de un elemento, tales como cerraduras, herrajes y rociadores.

Artículo 4.3.3. Los edificios que conforme a este Capítulo requieran protegerse contra el fuego deberán proyectarse y construirse según alguno de los cuatro tipos que se señalan en la tabla siguiente y los elementos que se utilicen en su construcción deberán cumplir con la resistencia al fuego que en dicha tabla se indica. Si a un mismo elemento le correspondieren dos o más resistencias al fuego, por cumplir diversas funciones a la vez, deberá siempre satisfacer la mayor de las exigencias.

Para determinar la resistencia al fuego de los elementos a que se refiere el presente artículo, como asimismo, cuando cualquier otro precepto de esta Ordenanza exija que se asegure una determinada resistencia al fuego, se estará a lo dispuesto en el artículo 4.3.2. de esta Ordenanza.

RESISTENCIA AL FUEGO REQUERIDA PARA LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCION DE EDIFICIOS

ELEMENTOS DE CONSTRUCCION									
TIPO	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
a	F-180	F-120	F-120	F-120	F-120	F- 30	F- 60	F-120	F- 60
b	F-150	F-120	F- 90	F- 90	F- 90	F- 15	F- 30	F- 90	F- 60
c	F-120	F- 90	F- 60	F- 60	F- 60	-	F- 15	F- 60	F- 30
d	F-120	F- 60	F- 60	F- 60	F- 30	-	-	F- 30	F- 15

SIMBOLOGIA:

Elementos verticales:

- (1) Muros cortafuego
- (2) Muros zona vertical de seguridad y caja de escalera
- (3) Muros caja ascensores
- (4) Muros divisorios entre unidades (hasta la cubierta)
- (5) Elementos soportantes verticales
- (6) Muros no soportantes y tabiques

Elementos verticales y horizontales:

- (7) Escaleras

Elementos horizontales:

- (8) Elementos soportantes horizontales
- (9) Techumbre incluido cielo falso

Artículo 4.3.4. Para aplicar lo dispuesto en el artículo anterior deberá considerarse, además del destino y del número de pisos del edificio, su superficie edificada, o la carga de ocupación, o la densidad de carga combustible, según corresponda, como se señalan en las tablas 1, 2 y 3 siguientes:

TABLA 1

Destino del edificio	Superficie edificada (M ²)	Numero de pisos							
		1	2	3	4	5	6	7 o más	
Habitacional	Cualquiera	d	d	c	c	b	b	a	a
Hoteles o similares	Sobre 5.000	c	b	a	a	a	a	a	a
	sobre 1.500 y hasta 5.000	c	b	b	b	a	a	a	a
	sobre 500 y hasta 1.500	c	c	b	b	a	a	a	a
	hasta 500	d	c	b	b	a	a	a	a
Oficinas	Sobre 1.500	c	c	b	b	b	a	a	a
	sobre 500 y hasta 1.500	c	c	c	b	b	b	a	a
	hasta 500	d	c	c	b	b	b	a	a
Museos	Sobre 1.500	c	c	b	b	b	a	a	a
	sobre 500 y hasta 1.500	c	c	c	b	b	b	a	a
	hasta 500	d	c	c	b	b	b	a	a
Salud(clínica, hospitales y laboratorios)	Sobre 1.000	c	b	b	a	a	a	a	a
	Hasta 1.000	c	c	b	b	a	a	a	a
Salud (Policlínicos)	Sobre 400	c	c	b	b	b	b	a	a
	Hasta 400	d	c	c	b	b	b	a	a
Restaurantes y fuentes de soda	Sobre 500	b	a	a	a	a	a	a	a
	Sobre 250 y hasta 500	c	b	b	a	a	a	a	a
	Hasta 250	d	c	c	b	b	a	a	a
Locales comerciales	Sobre 500	c	b	b	a	a	a	a	a
	Sobre 200 y hasta 500	c	c	b	b	a	a	a	a
	Hasta 200	d	c	b	b	b	a	a	a
Bibliotecas	Sobre 1.500	b	b	a	a	a	a	a	a
	Sobre 500 y hasta 1.500	b	b	b	a	a	a	a	a
	Sobre 250 y hasta 500	c	b	b	b	a	a	a	a
	Hasta 250	d	c	b	b	a	a	a	a
Centro de reparación automotor	Cualquiera	d	c	c	b	b	b	a	a
Edificios de estacionamiento	Cualquiera	d	c	c	c	b	b	a	a

TABLA 2

DESTINO DEL EDIFICIO	MAXIMO DE OCUPANTES	NUMERO DE PISOS				
		1	2	3	4	5 o más
Teatros y espectáculos	Sobre 1.000	b	a	a	a	a
	Sobre 500 y hasta 1.000	b	b	a	a	a
	Sobre 250 y hasta 500	c	c	b	b	a
	Hasta 250	d	d	c	c	b
Reuniones	Sobre 1.000	b	a	a	a	a
	Sobre 500 y hasta 1.000	b	b	a	a	a
	Sobre 250 y hasta 500	c	c	b	b	a
	Hasta 250	d	c	c	b	b
Docentes	Sobre 500	b	b	a	a	a
	Sobre 250 y hasta 500	c	c	b	b	a
	Hasta 250	d	c	c	b	b

TABLA 3

DESTINO DEL EDIFICIO	DENSIDAD DE CARGA COMBUSTIBLE (*)		NUMERO DE PISOS
	Media (MJ/m ²) según NCh 1916	Puntual Máxima (MJ/m ²) según NCh 1993	1 2 3 4 5 ó más
Combustibles, lubricantes, aceites minerales y naturales.	Sobre 8.000 sobre 4.000 y hasta 8.000 sobre 2.000 y hasta 4.000 hasta 2.000	Sobre 24.000 sobre 16.000 y hasta 24.000 sobre 10.000 y hasta 16.000 hasta 10.000	a a a a a b a a a a c b a a a d c b a a
Establecimientos Industriales.	Sobre 16.000 sobre 8.000 y hasta 16.000 sobre 4.000 y hasta 8.000 sobre 2.000 y hasta 4.000 sobre 1.000 y hasta 2.000 sobre 500 y hasta 1.000 hasta 500	Sobre 32.000 sobre 24.000 y hasta 32.000 sobre 16.000 y hasta 24.000 sobre 10.000 y hasta 16.000 sobre 6.000 y hasta 10.000 sobre 3.500 y hasta 6.000 hasta 3.500	a a a a a b a a a a c b a a a c c b a a d c c b a d d c c b d d d c c
Supermercados y Centros Comerciales.	Sobre 16.000 sobre 8.000 y hasta 16.000 sobre 4.000 y hasta 8.000 sobre 2.000 y hasta 4.000 sobre 1.000 y hasta 2.000 hasta 1.000	Sobre 32.000 sobre 24.000 y hasta 32.000 sobre 16.000 y hasta 24.000 sobre 10.000 y hasta 16.000 sobre 6.000 y hasta 10.000 hasta 6.000	b a a a a b b a a a c b b a a c c b b a d c c b b d d c c b
Establecimientos de bodegaje.	Sobre 16.000 sobre 8.000 y hasta 16.000 sobre 4.000 y hasta 8.000 sobre 2.000 y hasta 4.000 sobre 1.000 y hasta 2.000 sobre 500 y hasta 1.000 hasta 500	Sobre 32.000 sobre 24.000 y hasta 32.000 sobre 16.000 y hasta 24.000 sobre 10.000 y hasta 16.000 sobre 6.000 y hasta 10.000 sobre 3.500 y hasta 6.000 hasta 3.500	b b a a a c b b a a c c b b a d c c b b d d c c b d d d c c d d d d c

1MJ/m² = 238.85 k cal/m²

1 MJ = 0.053 kg madera equivalente de 4.000 k cal/kg

(*) Para clasificar un edificio o sector de él, se aplica la densidad de carga combustible mayor de ambas columnas de la Tabla 3

Cuando los locales comerciales a que se refiere la tabla 1, tengan una superficie edificada superior a 200 m², se podrá destinar hasta un 25% de su superficie a bodega y cuando no tengan más de 200 m² edificados, se podrá destinar hasta el 50% a bodega. En ambos casos, si la bodega supera el porcentaje máximo permitido, dichas edificaciones deberán tratarse como si fueran de uso mixto.

Para los destinos indicados en la TABLA 3, cuando no se presente un Estudio de Carga Combustible, la edificación deberá proyectarse y construirse de acuerdo al tipo a.

Artículo 4.3.5. Para la determinación de las exigencias establecidas en los artículos 4.3.3. y 4.3.4., se estará a las siguientes normas:

1. Se entenderá por piso la distancia entre el suelo y el punto más alto del cielo del mismo recinto, con un máximo de 3,5 m. Las alturas de los pisos que sobrepasen dicha medida serán sumadas aparte y divididas por 3,5 m, determinándose de este modo el número de pisos a los que correspondan dichos pisos de altura especial. La fracción que resulte de la operación aritmética antes señalada se considerará como un piso más. Se exceptúan de lo anterior las estructuras de un solo piso, cualquiera sea su altura, cuya densidad de carga combustible media sea inferior a 500 MJ/m², las que se considerarán de 1 piso para los efectos de este Capítulo, siempre que no contemplen altillos o superficies intermedias entre el piso y el cielo

2. Cuando se trate de edificios de uso mixto, se debe considerar siempre la altura total del edificio analizado y no solamente la altura destinada a un uso particular.

3. Cuando un edificio sea de uso mixto, pero los sectores de distinto destino estén separados en planta, se aplicarán las respectivas tablas por separado a cada uno de dichos sectores y por lo tanto podrá tener distintos estándares en cada sector.

4. Cuando el edificio esté destinado a distintos usos y según la aplicación de cada uno por separado resulten estándares diferentes y no haya separación en planta para los sectores de distintos usos, se deberá satisfacer siempre el estándar más exigente.

5. En el caso que ciertos recintos de un edificio tengan que cumplir con características especiales de seguridad contra incendio establecidas en la presente Ordenanza, sin que cambie el uso del mismo, dichos recintos deberán ser estancos al fuego, es decir, deberán cumplir con las exigencias especiales que se establezcan, sin obligar por ello a que todo el edificio deba ser proyectado o construido con dichas características de mayor exigencia.

6. Los cielos falsos no se considerarán protección a las estructuras de entrepisos, salvo que ellos aparezcan mencionados en el Listado Oficial de Comportamiento al Fuego o bien se demuestre, mediante ensayos, su aporte a la resistencia al fuego del conjunto.

Excepcionalmente en el caso de techumbre no se requerirá proteger su estructura del riesgo de incendio, cuando se cumplan simultáneamente las siguientes tres situaciones:

Que el cielo falso cumpla con las condiciones de resistencia al fuego exigidas por esta Ordenanza;

Que el cielo falso se encuentre adosado a la techumbre en forma continua, y

Que entre el cielo falso y la parte inferior de la estructura de techumbre no exista ningún tipo de instalaciones

7. Las resistencias al fuego que se indican para los muros de zona vertical de seguridad y caja de escalera en la tabla del artículo 4.3.3., se deben cumplir sólo en edificios de siete o más pisos.

8. Las resistencias al fuego que se indican para los muros caja ascensores en la tabla del artículo 4.3.3., son obligatorias sólo si el ascensor circula por el interior de una caja cerrada por sus cuatro costados. Las puertas de acceso al ascensor estarán exentas de exigencia de resistencia al fuego, pero serán de materiales no combustibles.

9. Las resistencias al fuego que se indican para elementos soportantes verticales, horizontales o de escaleras en la tabla del artículo 4.3.3., no deben exigirse a aquellos elementos estructurales verticales, horizontales o de escaleras que, por su ubicación en el edificio, queden protegidos de la acción del fuego por otro elemento, que se interponga entre ellos y el fuego. En este caso el elemento interpuesto como pantalla deberá tener, a lo menos, la resistencia al fuego exigida en la tabla del artículo 4.3.3. para el elemento protegido, con excepción de los ingresos a escaleras exteriores, en las cuales no se exige interponer elemento alguno entre la escalera y el edificio.

10. Las resistencias al fuego que se indican para los muros no soportantes y tabiques en la tabla del artículo 4.3.3., deben exigirse sólo cuando dichos elementos separan de piso a cielo resistente al fuego, recintos contiguos, dentro de una unidad y no contienen puertas o superficies vidriadas.

11. Para muros perimetrales se exigirá el cumplimiento de la resistencia al fuego que corresponda, según la tabla del artículo 4.3.3., ya se trate de elementos soportantes o no soportantes, cualquiera sea el destino de la edificación, con la excepción señalada en el número 14. de este artículo. Las superficies vidriadas, los antepechos y dinteles no estructurales, estarán exentos de exigencias de resistencia al fuego.
12. Los elementos soportantes inclinados en 20 o más grados sexagesimales respecto de la vertical, serán considerados como elementos soportantes horizontales para establecer su resistencia al fuego.
13. Las escaleras que comunican hasta dos pisos dentro de una misma unidad estarán exentas de exigencias de resistencia al fuego.
14. Las viviendas aisladas, pareadas o continuas, de hasta 2 pisos, cuya superficie edificada sea inferior o igual a 140 m², tendrán una resistencia al fuego a lo menos F-15 en todos sus elementos y componentes soportantes, siempre que el muro de adosamiento o muro divisorio, según corresponda, cumpla con las exigencias de muros divisorios entre unidades establecidas en la columna signada con el número (4) en la Tabla del artículo 4.3.3.
15. Si debido a una ampliación, una vivienda o edificio de viviendas pasa de un tipo a otro más exigente, será suficiente que la superficie en exceso sobre lo indicado en la tabla 1 del artículo 4.3.4., cumpla con las exigencias del nuevo tipo.
16. Las divisiones entre bodegas podrán consistir en tabiquerías que aseguren una resistencia al fuego mínima de F-15 y las divisiones entre estacionamientos o entre locales comerciales y espacios de uso común no requerirán de elemento alguno.

Artículo 4.3.6. Para los efectos previstos en el presente Capítulo, se entenderá por muro cortina el muro de fachada no soportante, constituida por elementos unidos entre ellos y a su vez fijados a los elementos estructurales horizontales y/o verticales del edificio.

En edificios con muro cortina, de existir separación entre dicho muro y los entresijos o con los muros divisorios, ella deberá rellenarse de tal modo que el conjunto asegure, como mínimo, la resistencia al fuego correspondiente a la clase F-60, según la norma NCh 935/1 o la que la reemplace.

Los edificios de 10 o más pisos con muro cortina, además, deberán contar en todos los pisos con dinteles de una altura igual o mayor al 10% de la altura de dicho piso, y en el segundo piso y superiores, con antepechos de una altura de 0,90 m, la que podrá ser menor siempre que como mínimo equivalga al 20% de la altura de cada piso. Estos elementos deberán asegurar, como mínimo, la resistencia al fuego correspondiente a la clase F-60.

Se exceptúan de lo indicado en el inciso anterior los edificios que cuenten con un sistema automático de extinción de incendio avalado por un Estudio de Seguridad, y que en dicho estudio justifiquen un rango de seguridad igual o mayor que el dispuesto en el inciso anterior.

Artículo 4.3.7. Todo edificio de 7 o más pisos deberá tener, a lo menos, una "zona vertical de seguridad" que, desde el nivel superior hasta el de la calle, permita a los usuarios protegerse contra los efectos del fuego, humos y gases y evacuar masiva y rápidamente el inmueble.

Sin perjuicio de los requisitos específicos que establezcan las normas técnicas oficiales correspondientes, serán exigibles para las zonas de seguridad de dichos edificios, las siguientes normas generales:

1. La distancia máxima desde la puerta de acceso de un departamento u oficina, hasta el ingreso a una zona vertical de seguridad del mismo piso será de 40 m.
2. El diseño, construcción y terminaciones de las zonas verticales de seguridad y su continuidad hasta el egreso al exterior, a nivel de la calle, deben garantizar una resistencia al fuego correspondiente a la que se indica en la tabla del artículo 4.3.3. y facilitar el ingreso y desplazamiento del personal de bomberos con su material, en caso de incendio

3. Las zonas verticales de seguridad, deben estar dotadas de sistemas de iluminación de emergencia y de ventilación o presurización en caso de escaleras interiores, que permitan a los usuarios evacuar el edificio, sin peligro de verse afectados por los humos y gases generados por el incendio, aún cuando el su ministro normal de energía eléctrica sea interrumpido
4. Las puertas de acceso o egreso, en todos los pisos, deberán ser de cierre automático y con resistencia a la acción del fuego, tanto la hoja como sus componentes, correspondientes a la clase F-30. Todas ellas deberán estar señalizadas con el distintivo "SALIDA DE EMERGENCIA" por la cara que corresponda.
5. Los edificios que contemplen más de un piso subterráneo deberán consultar una zona vertical de seguridad inferior, que comunique hacia un espacio libre exterior o hacia el nivel de acceso del edificio, desde el último nivel de subterráneo.
6. En los edificios que consulten zonas verticales de seguridad, tanto superiores como inferiores, éstas deberán evacuar hacia el nivel de acceso del edificio no teniendo continuidad entre ellas.
7. Las zonas verticales de seguridad no deberán contener ningún tipo de instalaciones en su interior, tales como: cuarto de útiles de limpieza, ductos de basura, de aire acondicionado, de conducciones de gas o electricidad, gabinete con bocas de salidas de red húmeda o red seca y ascensores o montacargas. Se exceptúan las instalaciones selladas de agua y las instalaciones de emergencia propias de la caja de escalera, tales como presurización e iluminación, siempre que no afecten el ancho mínimo requerido.
8. Los edificios de 10 o más pisos de altura deberán disponer las conexiones de la red seca y la red húmeda, en cada piso, en un vestíbulo contiguo a la escalera presurizada, protegido contra el fuego por muros con igual resistencia que los muros de la escalera. Dicho vestíbulo tendrá un ancho libre no inferior a 1,10 m y un largo libre no inferior a 1,60 m, medido en el sentido del recorrido y su puerta de entrada deberá tener las mismas características que la puerta de entrada a la escalera, conforme al número 4. anterior. En dicho vestíbulo protegido podrán disponerse instalaciones del edificio siempre que no afecten las medidas libres requeridas. Podrán eximirse de contemplar vestíbulo protegido los edificios que cumplan las siguientes condiciones:
 - a) Que desde la escalera se acceda a un área de uso común con un ancho mínimo de 1,40 m y una superficie de al menos 10,0 m².
 - b) Que las salidas de la red seca y la red húmeda se ubiquen en dicha área común a no más de 2,0 m de la puerta de la escalera, separadas por al menos 4,0 m de la puerta de cualquier unidad funcional independiente.
9. Los ductos de toma de aire de los equipos de presurización de las escaleras deberán contemplar una resistencia mínima al fuego de F-60 en toda su extensión.

Artículo 4.3.8. En todo edificio de 5 o más pisos de altura cuya carga de ocupación sea superior a 200 personas, se deberá instalar un sistema automático que permita detectar oportunamente cualquier principio de incendio y un sistema de alarma que permita, en caso de emergencia, alertar a los usuarios en forma progresiva y zonificada según convenga

Artículo 4.3.9. Los edificios dispondrán de instalaciones especiales de agua según se especifica a continuación:

1. **Red Seca:** Todo edificio de 5 o más pisos de altura deberá contar con la instalación de una red metálica independiente para agua, con válvula de retención, de uso exclusivo del Cuerpo de Bomberos, de fácil acceso en la boca de la entrada, para conexión de los carros bomba. Las características técnicas de esta red serán las especificadas en el Manual de Normas Técnicas para la

Realización de las Instalaciones de Agua Potable y Alcantarillado, aprobado por D.S.N°70, del Ministerio de Obras Públicas, de 1981, y sus modificaciones o complementaciones.

2. **Llave de agua contra incendio:** En toda edificación colectiva deberá instalarse por cada unidad, una llave con hilo exterior conectada al sistema de agua potable, que quede situada a una distancia no mayor de 20 m de cualquier punto de la unidad respectiva, en la cual deberá quedar instalada una manguera que servirá solamente para combatir principios de incendio.

3. **Red húmeda:** No será exigible el cumplimiento de la obligación descrita en el número 2 anterior, únicamente cuando el edificio disponga de Red Húmeda de las características previstas en el Manual de Normas Técnicas para la Realización de las Instalaciones de Agua Potable y Alcantarillado, aprobado por D.S. N°70, del Ministerio de Obras Públicas, de 1981, y sus modificaciones o complementaciones.

4. **Estanques de reserva:** En los edificios de 5 o más pisos, cuya carga de ocupación sea superior a 500 personas, los estanques de almacenamiento de agua tendrán una conexión tipo stortz (similar a la de la red seca) para ser usada sólo en caso de siniestro, para suplir o reemplazar eventuales defectos o insuficiencias en la red pública. Ambas conexiones, la de la red seca y la proveniente de los estanques de agua potable, estarán debidamente señalizadas y se ubicarán contiguas, en el piso de acceso del edificio. La primera tendrá color rojo y la segunda color azul.

Artículo 4.3.10. Todos los edificios de 7 o más pisos, y también los que contengan locales de reuniones con capacidad para 300 personas o más, deberán contar con sistema automático de alumbrado de emergencia, independiente de la red pública, para los efectos de iluminar las vías de escape. Las canalizaciones eléctricas y/o los aparatos y artefactos empleados en el sistema, deberán disponerse de manera tal que aseguren una resistencia a la acción del fuego correspondiente a la clase F-60.

Sin perjuicio de lo anterior, en los edificios de 7 o más pisos y los destinados a locales de reunión de personas, de cualquier capacidad, o destinados a comercio o industria, se deberá consultar un espacio para instalar los empalmes eléctricos con resistencia mínima a la acción del fuego correspondiente a la clase F-120. En estos recintos se deberá contar con dispositivos que permitan una fácil desconexión del sistema eléctrico cuando sea necesario.

Artículo 4.3.11. En los edificios de 16 o más pisos se deberá colocar un sistema de alimentación eléctrica sin tensión, para el uso exclusivo del Cuerpo de Bomberos. El punto de alimentación de este sistema deberá estar ubicado en el piso de acceso, dentro de un nicho situado en la fachada exterior del edificio, diseñado de tal modo que sólo pueda ser manipulado por bomberos.

La red eléctrica sin tensión tendrá a lo menos una salida de cada piso, ubicada en un lugar visible, que diste no más de 40 m de cualquier punto de dicho piso y con terminal de conexión de acuerdo a lo que sugiera al efecto el Cuerpo de Bomberos.

Las canalizaciones eléctricas de dichos sistemas deberán ser construidas con resistencia mínima a la acción del fuego correspondiente a la clase F-120.

Artículo 4.3.12. En los locales en que se manipule, expendan o almacene productos inflamables, la Dirección de Obras Municipales, previo al otorgamiento de la patente respectiva, deberá exigir la colocación de dispositivos adecuados contra incendio.

Artículo 4.3.13. En los edificios que cuenten con sistema central de aire acondicionado, se deberá disponer de detectores de humo en los ductos principales, que actúen desconectando automáticamente el sistema.

Se dispondrá, además, de un tablero de desconexión del sistema central de aire acondicionado ubicado adyacente al tablero general eléctrico.

Artículo 4.3.14. Los muros cortafuego deberán prolongarse a lo menos 0,50 m más arriba de la cubierta del techo más alto y 0,20 m hacia adelante de los techos saledizos, aleros u otros elementos

combustibles. No obstante, dichas prolongaciones serán innecesarias cuando se emplee otra solución que garantice el cumplimiento de la resistencia mínima al fuego establecida en la tabla del artículo 4.3.3.

En los muros cortafuego no podrán traspasarse elementos ni empotrarse materiales que rebajen su resistencia al fuego a un valor menor al exigido en la tabla del artículo 4.3.3, salvo en el caso de los ductos de instalaciones que deberán cumplir, a lo menos, con la mitad de la resistencia al fuego requerida para los elementos que traspasan.

En este tipo de muros sólo estará permitido abrir vanos para dar continuidad a circulaciones horizontales, siempre que en ellos se instale un sistema de cierre que asegure como mínimo una resistencia al fuego correspondiente a la clase F-60. El sistema de cierre deberá ser tal, que se cierre automáticamente en caso de incendio y que permita su fácil apertura en forma manual, debiendo volverse a cerrar en forma automática.

Cuando un ducto tuviere que atravesar un muro cortafuego, deberá contar con un sistema de cierre que impida la propagación del incendio a través de él, con accionamiento automático en caso de un siniestro.

Artículo 4.3.15. Todo ducto de humo deberá salir verticalmente al exterior y sobrepasar la cubierta en al menos 1,5 m, salvo que se trate de viviendas unifamiliares en las que dicha altura podrá ser menor.

Los ductos de hornos, calderas o chimeneas de carácter industrial se construirán con elementos cuya resistencia mínima al fuego corresponda a la clase F-60, no permitiéndose la colocación de elementos de madera a una distancia menor de 0,20 m de dichos ductos y a menos de 0,60 m de cualquier hogar de chimenea.

Artículo 4.3.16. Los hogares de panaderías, fundiciones, entre otros, no podrán colocarse a una distancia menor de 1 m de los muros medianeros. El caño de sus chimeneas deberá quedar separado 0,15 m de los muros en que se apoyan o se afirman, y rellenarse el espacio de separación con materiales refractarios.

Artículo 4.3.17. Delante de las aberturas de las chimeneas y cuando el entramado del suelo sea de un material con resistencia a la acción del fuego inferior a la clase F-60, deberá consultarse un revestimiento de 0,50 m de ancho mínimo y que sobresalga, a lo menos, 0,30 m de cada lado de la abertura del hogar, con materiales de resistencia a la acción del fuego correspondiente a lo menos a la clase F-60.

Los caños de chimeneas de cocinas a carbón y de calderas de calefacción, deberán tener sus paredes de material no combustible de un espesor suficientemente aislador del calor e impermeable a los gases o humo de los hogares.

Artículo 4.3.18. En los edificios que consulten sistemas de conducción o descarga de basuras, los buzones tolva y conductos deberán ser construidos con materiales de resistencia a la acción del fuego correspondiente a lo menos a la clase F-60. Además, dispondrán de ventilación adecuada en su parte superior, y de una lluvia de agua en la parte alta, que pueda hacerse funcionar en los casos que en un atascamiento de basuras en un ducto se llegara a producir un principio de incendio, y que pueda ponerse en funcionamiento desde un lugar de fácil acceso ubicado en el primer piso.

Artículo 4.3.19. Los ductos de ventilación ambiental entre unidades funcionales independientes, exceptuados los de aire acondicionado, serán de material con resistencia mínima a la acción del fuego correspondiente a la mitad de la requerida para los muros exteriores de la unidad en que se ubican, y no contendrán cañerías ni conducciones de instalaciones de ninguna especie.²

Los ductos colectivos de campanas de cocina, y aquellos de uso industrial, tales como los de cocinas de restaurantes, colegios, hoteles, y similares, deberán contemplar registros que permitan mantenerlos interiormente libres de adherencias grasas.

Artículo 4.3.20. Los edificios de 7 o más pisos deberán contar con acceso desde la vía pública hasta la base de dichos edificios, tanto para ambulancias como también para carros bomba y/o de escalas, el que tendrá una resistencia adecuada y un ancho suficiente para permitir el paso expedito de los mismos.

Artículo 4.3.21. Los edificios industriales destinados al funcionamiento de establecimientos industriales clasificados como peligrosos, deberán mantener una distancia no menor de 4 m de los deslindes laterales y posteriores de los predios en que estuvieren emplazados o se emplacen. Cuando por aplicación de los ángulos de las rasantes establecidos en la tabla contenida en el artículo 2.6.3. deban quedar ubicados a más de 4 m de dichos deslindes, prevalecerá esta última distancia.

Los edificios industriales destinados al funcionamiento de establecimientos industriales no clasificados como peligrosos, deberán distar de los deslindes laterales y posteriores de los predios en que estuvieren emplazados o se emplacen, la distancia que resulte de aplicar los ángulos de rasantes y los distanciamientos que se establecen en las tablas contenidas en el artículo 2.6.3.

No obstante lo prescrito en el inciso anterior, cuando el Plan Regulador Comunal permita edificación pareada o continua en el sector de emplazamiento del establecimiento industrial no clasificado como peligroso, así como también cuando por aplicación de los ángulos de rasantes y distanciamientos a que alude el inciso precedente, parte de la edificación industrial o de sus salientes pudiere quedar a menos de 3 m de los deslindes laterales o posteriores del predio en que estuviere emplazado o se emplace el edificio industrial, sus muros exteriores en toda la longitud que quede a menos de 3 m de ellos, deberán construirse con estabilidad estructural, con materiales que aseguren una resistencia mínima a la acción del fuego correspondiente a la clase F-180 y en forma continua a partir del terreno hasta por lo menos 0,50 m más arriba de la cubierta. Igual exigencia deberán cumplir los cuerpos adosados existentes o que puedan construirse conforme a las normas vigentes.

A las construcciones complementarias de los edificios industriales, tales como oficinas administrativas, salas cunas, casinos, lugares de recreación, salas de baño, que constituyan cuerpos separados de la edificación industrial, les será aplicable íntegramente lo dispuesto en el artículo 2.6.3 de esta Ordenanza General.

Tratándose de establecimientos industriales clasificados como peligrosos, se entenderá que sus construcciones complementarias constituyen cuerpos separados cuando entre éstas y aquellos exista una distancia mínima igual o superior a 4 m.

Tratándose de edificios industriales destinados al funcionamiento de establecimientos industriales no clasificados como peligrosos, se entenderá que sus construcciones complementarias constituyen cuerpos separados cuando se cumplan copulativamente las siguientes condiciones:

1. Que entre las edificaciones industriales y sus construcciones complementarias se cumpla como mínimo con las distancias exigidas por el artículo 2.6.3.
2. Que los muros exteriores de la edificación industrial, en toda la longitud que quede a menos de 3 m de la construcción complementaria, tengan las características exigidas en el inciso tercero de este artículo.

Para medir los distanciamientos se estará a lo dispuesto en el artículo 2.6.3., y para el caso a que se refiere el número 1, del inciso anterior, se considerarán como deslindes los muros exteriores de la construcción complementaria más cercana a la edificación industrial y los planos imaginarios verticales se levantarán tangentes a la superficie externa de dichos muros.

Artículo 4.3.22. Será obligatorio el uso de sistemas de protección activa en las edificaciones de 3 o más pisos destinadas a la permanencia de personas, en los casos que no pueda garantizarse la evacuación de los ocupantes por sus propios medios o en los que por razones de seguridad se contemplen cierres no controlables por sus ocupantes, tales como sectores de enfermos no ambulatorios en hospitales, locales para el cuidado de personas con serias patologías mentales, lugares de detención o reclusión de personas, y similares.

Se exceptúan de lo señalado en el inciso anterior las edificaciones cuya carga de ocupación sea inferior a 50 personas.

Artículo 4.3.23. Los empalmes de gas de red y los estanques para almacenamiento de gas licuado, se proyectarán de manera tal que en caso de incendio no impidan la evacuación del edificio y cuenten con dispositivos de fácil acceso para que los bomberos corten el suministro de gas.

El término gas de red corresponde a lo definido en la Ley N° 18.856, artículo 2°, y comprende el gas de ciudad, el gas licuado en fase gaseosa y el gas natural.

Artículo 4.3.24. Toda edificación podrá ser subdividida en compartimentos independientes, mediante muros de compartimentación que cumplan con una resistencia al fuego F-120 o superior.

En tales muros se admitirán puertas o tapas de registro, siempre que tengan una resistencia al fuego de a lo menos F-60 y, en el caso de las puertas, contemplen cierre automático.

La compartimentación permitirá independizar áreas dentro de un mismo edificio con el fin de mejorar sus condiciones de seguridad y reducir la superficie de cálculo para los efectos de la aplicación de las tablas del artículo 4.3.4 de este mismo Capítulo.

Artículo 4.3.25. Las tapas de registro de cámaras o ductos de instalaciones susceptibles de originar o transmitir un incendio, tendrán una resistencia al fuego al menos igual a la mitad de la exigida al elemento delimitador del mismo.

Artículo 4.3.26. No requerirán protección contra el fuego las edificaciones de un piso realizadas con elementos de construcción no combustibles, que cumplan con los siguientes requisitos:

1. Tener una carga de ocupación inferior a 100 personas.
2. Contemplar en todos sus recintos una carga combustible media inferior a 250 MJ/m².
3. Asegurar su ocupación sólo por personas adultas que puedan valerse por si mismas.
4. Tener destino de equipamiento.
5. Estar separada de los deslindes por una distancia no inferior a 4 m.

Tratándose de edificaciones con protección activa, se podrá aumentar la altura en 1 piso y la carga de ocupación en un 50%.

Artículo 4.3.27. Para los efectos de este Título se entenderá por pasillo protegido aquél cuyo resguardo contra el fuego cumple las siguientes condiciones:

1. Está aislado con respecto a otros recintos mediante elementos con una resistencia al fuego no menor a F-120.
2. Las puertas y tapas de aberturas tienen una resistencia al fuego de al menos F-30 y no ocupan más del 20% de la superficie de los paramentos del pasillo.
3. Contempla detectores de humo e iluminación de emergencia.
4. Su longitud no es superior a 30 m.

Artículo 4.3.28. Deben contar con un grifo de agua contra incendio conectado a la red pública y accesible al Cuerpo de Bomberos, los siguientes edificios o establecimientos:

1. Los cines, teatros, auditorios y discotecas con una carga de ocupación superior a 1.000 personas.
2. Los recintos deportivos cubiertos con una carga de ocupación superior a 2.000 personas.
3. Los de uso comercial o de estacionamiento con una carga de ocupación superior a 3.000 personas.
4. Los de uso hospitalario o educacional, con una carga de ocupación superior a 2.000 personas.
5. Cualquier edificio o establecimiento no mencionado anteriormente con una carga de ocupación mayor a 10 m² por persona y con una superficie construida de más de 10.000 m².

Artículo 4.3.29. Todo edificio o local de uso público, incluidas sus dependencias, instalaciones y equipos, podrá ser inspeccionado periódicamente por la Dirección de Obras Municipales después de haber sido recepcionado en forma definitiva total o parcial, con el propósito de verificar el cumplimiento de las normas sobre condiciones de seguridad general y de seguridad contra incendio contenidas en el presente Título.

Los inspectores de la Dirección de Obras Municipales podrán ser acompañados por miembros designados por la Superintendencia del Cuerpo de Bomberos, debidamente acreditados. Será deber del propietario mantener el edificio o local accesible y expuesto a los propósitos de la inspección.

El entorpecimiento de la labor de inspección periódica, el entramamiento al libre acceso de los citados funcionarios y la constatación de infracciones a las normas contenidas en el presente Título que impliquen un riesgo no cubierto, será motivo suficiente para aplicar lo prescrito en el artículo 1.3.1. de la presente Ordenanza.

B.2 Extracto de Documento Básico SI

B.2.1 Resistencia al fuego de la estructura (ref. 24)

1 Generalidades

1. La elevación de la temperatura que se produce como consecuencia de un incendio en un edificio afecta a su estructura de dos formas diferentes. Por un lado, los materiales ven afectadas sus propiedades, modificándose de forma importante su capacidad mecánica. Por otro, aparecen acciones indirectas como consecuencia de las deformaciones de los elementos, que generalmente dan lugar a tensiones que se suman a las debidas a otras acciones.
2. En este Documento Básico se indican únicamente métodos simplificados de cálculo suficientemente aproximados para la mayoría de las situaciones habituales (véase anejos B a F). Estos métodos sólo recogen el estudio de la *resistencia al fuego* de los elementos estructurales individuales ante la *curva normalizada tiempo temperatura*.
3. Pueden adaptarse otros modelos de incendio para representar la evolución de la temperatura durante el incendio, tales como las denominadas *curvas paramétricas* o, para efectos locales los modelos de incendio de una o dos zonas o de *fuegos localizados* o métodos basados en dinámica de fluidos (CFD, según siglas inglesas) tales como los que se contemplan en la norma UNE-EN 1991-1-2:2004. En dicha norma se recogen, asimismo, también otras *curvas nominales* para fuego exterior o para incendios producidos por combustibles de gran poder calorífico, como hidrocarburos, y métodos para el estudio de los elementos externos situados fuera de la envolvente del *sector de incendio* y a los que el fuego afecta a través de las aberturas en fachada.
4. En las normas UNE-EN 1992-1-2:1996, UNE-EN 1993-1-2:1996, UNE-EN 1994-2-:1996, UNE-EN 1995-1-2:1996. se incluyen modelos de resistencia para los materiales.
5. Los modelos de incendio citados en el párrafo 3 son adecuados para el estudio de edificios singulares o para el tratamiento global de la estructura o parte de ella, así como cuando se requiera un estudio más ajustado a la situación de incendio real.
6. En cualquier caso, también es válido evaluar el comportamiento de una estructura, de parte de ella a de un elemento estructural mediante la realización de los ensayos que establece el Real Decreto 312/2005 de 18 de marzo.
7. Si se utilizan los métodos simplificados indicados en este Documento Básico no es necesario tener en cuenta las acciones indirectas derivadas del incendio.

2 Resistencia al fuego de la estructura

1. Se admite que un elemento tiene suficiente *resistencia al fuego* si, durante la duración del incendio, el valor de cálculo del efecto de las acciones, en todo instante t , no supera el valor de la resistencia de dicho elemento. En general, basta con hacer la comprobación en el instante de mayor temperatura que, con el modelo de *curva normalizada tiempo-temperatura*, se produce al final del mismo.

2. En el caso de *sectores de riesgo mínimo* y en aquellos *sectores de incendio* en los que, por su tamaño y por la distribución de la *carga de fuego*, no sea previsible la existencia de *fuegos totalmente desarrollados*, la comprobación de la *resistencia al fuego* puede hacerse elemento a elemento mediante el estudio por medio de *fuegos localizados*, según se indica en el Eurocódigo 1 (UNE-EN 1991-1-2: 2004) situando sucesivamente la *carga de fuego* en la posición previsible más desfavorable.
3. En este Documento Básico no se considera la capacidad portante de la estructura tras el incendio.

3 Elementos estructurales principales

1. Se considera que la *resistencia al fuego* de un elemento estructural principal del edificio (incluidos forjados, vigas y soportes), es suficiente si:
 - a) alcanza la clase indicada en la tabla 3.1 o 3.2 que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la *curva normalizada tiempo temperatura*, o
 - b) soporta dicha acción durante el *tiempo equivalente de exposición al fuego* indicado en el anejo B.

Tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

Uso del <i>sector de incendio</i> considerado ¹	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante		
		<i>altura de evacuación</i> del edificio		
		<15 m	<28 m	≥28 m
Vivienda unifamiliar ²	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 ³	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)			R 90	
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)			R 120 ⁴	

¹ La *resistencia al fuego* suficiente de un suelo es la que resulte al considerarlo como techo del *sector de incendio* situado bajo dicho suelo.

² En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas. los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso Residencial Vivienda.

³ R 180 si la *altura de evacuación* del edificio excede de 28 m.

⁴ R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.

Tabla 3.2 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial integradas en los edificios ¹

Riesgo especial bajo	R 90
Riesgo especial medio.	R 120
Riesgo especial alto.	R 180

¹ No será inferior al de la estructura portante de la planta del edificio excepto cuando la zona se encuentre bajo una cubierta no prevista para evacuación y cuyo fallo no suponga riesgo para la estabilidad de otras plantas ni para la compartimentación contra incendios, en cuyo caso puede ser R 30.

La resistencia al fuego suficiente de un suelo es la que resulte al considerarlo como techo del sector de incendio situado bajo dicho suelo

2. Las estructuras de cubiertas ligeras no previstas para ser utilizadas en la evacuación de los ocupantes y cuya altura respecto de la rasante exterior no exceda de 28 m, así como los elementos que únicamente sustenten dichas cubiertas, podrán ser R 30 cuando su fallo no pueda ocasionar daños graves a los edificios o *establecimientos* próximos, ni comprometer la estabilidad de otras plantas inferiores o la compartimentación de los *sectores de incendio*. A tales efectos, puede entenderse como ligera aquella cubierta cuya carga permanente no exceda de 1 kN/m².
3. Los elementos estructurales de una *escalera protegida* o de un *pasillo protegido* que estén contenidos en el recinto de éstos, serán como mínimo R-30. Cuando se trate de *escaleras especialmente protegidas* no se exige *resistencia al fuego* a los elementos estructurales.

4 Elementos estructurales secundarios

1. A los elementos estructurales secundarios, tales como los cargaderos o los de las entreplantas de un local, se les exige la misma *resistencia al fuego* que a los elementos principales si su colapso puede ocasionar daños personales o compromete la estabilidad global, la evacuación o la compartimentación en *sectores de incendio* del edificio, En otros casos no precisan cumplir ninguna exigencia de *resistencia al fuego*.
2. Las estructuras sustentantes de elementos textiles de cubierta integrados en edificios, tales como carpas, no precisan cumplir ninguna exigencia de *resistencia al fuego* siempre que, además ser clase M2 conforme a UNE 23727:1990 según se establece en el Capítulo 4 de la Sección 1 de este DB, el certificado de ensayo acredite la perforación del elemento. En caso contrario, los elementos de dichas estructuras deberán ser R 30.

5 Determinación de los efectos de las acciones durante el incendio

1. Deben ser consideradas las mismas acciones permanentes y variables que en el cálculo en situación persistente, si es probable que actúen en caso de incendio.
2. Los efectos de las acciones durante la exposición al incendio deben obtenerse del Documento Básico DB-SE.
3. Los valores de las distintas acciones y coeficientes deben ser obtenidos según se indica en el Documento Básico DB-SE, apartados 3.4.2 y 3.5.2.4.
4. Si se emplean los métodos indicados en este Documento Básico para el cálculo de la *resistencia al fuego* estructural puede tomarse como efecto de la acción de incendio únicamente el derivado del efecto de la temperatura en la resistencia del elemento estructural.
5. Como simplificación para el cálculo se puede estimar el efecto de las acciones de cálculo en situación de incendio a partir del efecto de las acciones de cálculo a temperatura normal, como:

$$E_{f_i,d} = \eta_{f_i} E_d$$

Siendo:

E_d : Efecto de las acciones de cálculo en situación persistente (temperatura normal);

η_{fi} : Factor de reducción

Donde el factor η_{fi} se puede obtener como:

$$\eta_{fi} = \frac{G_K + \Psi_{1,1} Q_{K,1}}{Y_G G_K + Y_{Q,1} Q_{K,1}}$$

Donde el subíndice 1 es la acción variable dominante considerada en la situación persistente.

6 Determinación de la resistencia al fuego

1. La resistencia al fuego de un elemento puede establecerse de alguna de las formas siguientes:
 - a) comprobando las dimensiones de su sección transversal con lo indicado en las distintas tablas según el material dadas en los anejos C a F, para las distintas *resistencias al fuego*;
 - b) obteniendo su resistencia por los métodos simplificados dados en los mismos anejos.
 - c) mediante la realización de los ensayos que establece el Real Decreto 312/2005 de 18 de marzo.
2. En el análisis del elemento puede considerarse que las coacciones en los apoyos y extremos del elemento durante el tiempo de exposición al fuego no varían con respecto a las que se producen a temperatura normal.
3. Cualquier modo de fallo no tenido en cuenta explícitamente en el análisis de esfuerzos o en la respuesta estructural deberá evitarse mediante detalles constructivos apropiados.
4. Si el anejo correspondiente al material específico (C a F) no indica lo contrario, los valores de los *coeficientes* parciales de resistencia en situación de incendio deben tomarse iguales a la unidad.
5. En la utilización de algunas tablas de especificaciones de hormigón y acero se considera el coeficiente de sobredimensionado μ_{fi} , definido como:

$$\mu_{fi} = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}}$$

Siendo:

$R_{fi,d,0}$: Resistencia del elemento estructural en situación de incendio en el instante inicial $t=0$, a temperatura normal.

B.2.2 Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón armado (ref. 24)

C.1 Generalidades

1. En este anejo se establecen métodos simplificados y tablas que permiten determinar la resistencia de los elementos de hormigón ante la acción representada por la *curva normalizada tiempo-temperatura*.
2. Los elementos estructurales deben diseñarse de forma que, ante el desconchado (*spalling*) del hormigón, el fallo por anclaje o por pérdida de capacidad de giro tenga una menor probabilidad de aparición que el fallo por flexión, por esfuerzo cortante o por cargas axiales.

C.2 Tablas

C.2.1. Generalidades

1. Mediante las tablas y apartados siguientes puede obtenerse la resistencia de los elementos estructurales a la acción representada por la *curva normalizada tiempo-temperatura* de los elementos estructurales, en función de sus dimensiones y de la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras.
2. Para aplicación de las tablas, se define como distancia mínima equivalente al eje a_m , a efectos de *resistencia al fuego*, al valor

$$a_m = \frac{\sum [A_{si} f_{yki} (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} f_{yki}}$$

Siendo

A_{si} : Área de cada una de las armaduras i , pasiva o activa;

a_{si} : Distancia del eje de cada una de las armaduras i , al paramento expuesto más próximo, considerando los revestimientos en las condiciones que mas adelante se establecen;

f_{yki} : Resistencia característica del acero de las armaduras i ;

Δa_{si} : Corrección debida a las diferentes temperaturas críticas del acero y a las condiciones particulares de exposición al fuego, conforme a los valores de la tabla C.1.

Tabla C.1. Valores de Δa_{si} (mm)

μ_{fi}	Acero de armar		Acero de pretensar			
	Vigas ¹ y losas (forjados)	Restos de los casos	Vigas ¹ y losas (forjados)		Resto de los casos	
			Barras	Alambres	Barras	Alambres
$\leq 0,4$	10		0	-5		
0,5	5	0	-5	-10	-10	15
0,6	0		-10	-15		

¹En el caso de armaduras situadas en las esquinas de vigas con una sola capa de armadura se incrementarán los valores de Δa_{si} en 10 mm, cuando el ancho de las mismas sea inferior a los valores de b_{min} especificados en la columna 3 de la tabla C.3.

Siendo μ_{fi} el coeficiente de sobredimensionado de la sección en estudio, definido en el apartado 6 del S16. Las correcciones para valores de μ_{fi} inferiores a 0,6 en vigas, losas y forjados, sólo podrán considerarse cuando dichos elementos estén sometidos a cargas distribuidas de forma sensiblemente uniforme. Para valores intermedios se puede interpolar linealmente

- Los valores dados en las tablas siguientes son aplicables a hormigones de densidad normal, confeccionados con áridos de naturaleza silíceo. Cuando se empleen hormigones con áridos de naturaleza caliza, en vigas, losas y forjados puede admitirse una reducción de un 10% tanto en las dimensiones de la sección recta como en la distancia equivalente al eje mínimas.
- En zonas traccionadas con recubrimientos de hormigón mayores de 50 mm debe disponerse una armadura de piel para prevenir el desprendimiento de dicho hormigón durante el periodo de resistencia al fuego, consistente en una malla con distancias inferiores a 150 mm entre armaduras (en ambas direcciones), anclada regularmente en la masa de hormigón.

C.2.2. Soportes y muros

- Mediante la tabla C.2 puede obtenerse la resistencia al fuego de los soportes expuestos por tres o cuatro caras y de los muros portantes de sección estricta expuestos por una o por ambas caras, referida a la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras de las caras expuestas.
- Para resistencias al fuego mayor que R 90 y cuando la armadura del soporte sea superior al 2% de la sección de hormigón, dicha armadura se distribuirá en todas sus caras. Esta condición no se refiere a las zonas de solap de armadura.

Tabla C.2. Elementos a compresión

Resistencia al fuego	Lado <i>menor</i> o espesor b_{\min} / Distancia mínima equivalente al eje a_m (mm) ¹		
	Soportes	Muro de carga expuesto por una cara	Muro de carga expuesto por ambas cara
R 30	150 / 15 ²	100 / 15 ³	120 / 15
R 60	200 / 20 ²	120 / 15 ³	140 / 15
R 90	250 / 30	140 / 20 ³	160 / 25
R 120	250 / 40	160 / 25 ³	180 / 35
R 180	350 / 45	200 / 40 ³	250 / 45
R 240	400 / 50	250 / 50 ³	300 / 50

¹ Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

² Los soportes ejecutados en obra deben tener, de acuerdo con la Instrucción EHE, una dimensión mínima de 250 mm.

³ La resistencia al fuego aportada se puede considerar REI

3. Si el elemento está sometido a tracción se comprobará como elemento de acero revestido.

C.2.3. Vigas

1. Para vigas de sección de ancho variable se considera como anchura mínima b la que existe a la altura del centro de gravedad mecánico de la armadura traccionada en la zona expuesta, según se indica en la figura C.1.

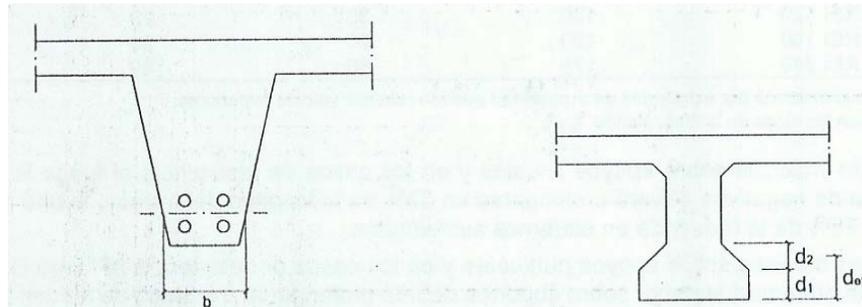


Figura C.1. Dimensiones equivalentes en caso de ancho variable en el canto

2. Para vigas doble T, el canto del ala inferior deberá ser mayor que la dimensión que se establezca como ancho mínimo. Cuando el canto del ala inferior sea variable se considerará, a los efectos de esta comprobación, el indicado en la figura $d_{ef} = d_1 + 0.5d_2$

C.2.3.1 Vigas con las tres caras expuestas al fuego

1. Mediante la tabla C.3 puede obtenerse la resistencia al fuego de las secciones de vigas sustentadas en los extremos con tres caras expuestas al fuego, referida a la distancia mínima equivalente al eje de la armadura inferior traccionada.

Resistencia al fuego normalizado	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Anchura mínima ² del alma $b_{0,\min}$ (mm)
R 30	80 / 20	120 / 15	200 / 10	-	80
R60	100/30	150/25	200/20	-	100
R 90	150 / 40	200 / 35	250 / 30	400 / 25	100
R 120	200/50	250/45	300/40	500/35	120
R 180	300/75	350/65	400/60	600/50	140
R 240	400 /75	500 / 70	700 / 60	-	160

¹ Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

² Debe darse en una longitud igual a dos veces el canto de la viga, a cada lado de los elementos de sustentación de la viga.

- Para una resistencia al fuego R 90 o mayor, la armadura de negativos de vigas continuas se prolongará hasta el 33% de la longitud del tramo con una cuantía no inferior al 25% de la requerida en los extremos.

C.2.3.2 Vigas expuestas en todas sus caras

- En este caso deberá verificarse, además de las condiciones de la tabla C.3, que el área de la sección transversal de la viga no sea inferior a $2(b_{\min})$.

C.2.3.3 Losas macizas

- Mediante la tabla C.4 puede obtenerse la resistencia al fuego de las secciones de las losas macizas, referida a la distancia mínima equivalente al eje de la armadura inferior traccionada. Si la losa debe cumplir una función de compartimentación de incendios (criterios R, E e I) su espesor deberá ser al menos el que se establece en la tabla, pero cuando se requiera únicamente una función resistente (criterio R) basta con que el espesor sea el necesario para cumplir con los requisitos del proyecto a temperatura ambiente. A estos efectos, podrá considerarse como espesor el solado o cualquier otro elemento que mantenga su función aislante durante todo el periodo de *resistencia al fuego*.

Tabla C4. Losas macizas

Resistencia al fuego	Espesor mínimo h_{\min} (mm)	Distancia mínima equivalente al eje a_m (mm) ¹		
		Flexión en una dirección	Flexión en dos direcciones	
			$I_y/I_x^2 \leq 1,5$	$1,5 < I_y/I_x^2 \leq 2$
REI 30	60	10	10	10
REI 60	80	20	10	20
REI 90	100	25	15	25
REI 120	120	35	20	30
REI 180	150	50	30	40
REI 240	175	60	50	50

¹ Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

² I_x y I_y son las luces de la losa, siendo $I_y > I_x$.

2. Para lasas macizas sobre apoyos lineales y en los casos de resistencia al fuego R 90 o mayor, la armadura de negativos deberá prolongarse un 33% de la longitud del tramo con una cuantía no inferior a un 25% de la requerida en extremos sustentados.
3. Para lasas macizas sobre apoyos puntuales y en los casos de resistencia al fuego R 90 o mayor, el 20% de la armadura superior sobre soportes deberá prolongarse a lo largo de todo el tramo.
4. Las vigas planas con macizados laterales mayores que 10cm se pueden asimilar a lasas unidireccionales.

C.2.3.4 Forjados bidireccionales con casetones recuperables

1. Mediante la tabla C.5 puede obtenerse la resistencia al fuego de las secciones de los forjados nervados bidireccionales, referida al ancho mínimo de nervio y a la distancia mínima equivalente al eje de la armadura inferior traccionada. Si el forjado debe cumplir una función de compartimentación de incendios (criterios R, E e I) su espesor deberá ser al menos el que se establece en la tabla, pero cuando se requiera únicamente una función resistente (criterio R) basta con que el espesor será el necesario para cumplir CQn los requisitos del proyecto a temperatura ambiente. A estos efectos, podrá considerarse como espesor el solado o cualquier otro elemento que mantenga su función aislante durante todo el período de *resistencia al fuego*.

Tabla C.5 Forjados bidireccionales con casetones recuperables

Resistencia al fuego	Anchura de nervio mínimo b_{\min} / Distancia mínima equivalente al eje a_m ¹ (mm)			Espesor mínimo h_{\min} (mm)
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	
REI30	80 / 20	120 / 15	200/10	60
HEI60	100 / 30	150 / 25	200 / 20	70
REI90	120 / 40	200 / 30	250 / 25	80
REI120	160/50	250 / 40	300 / 35	100
REI180	200 / 70	300 / 60	400 / 55	120
REI 240	250 / 90	350 / 75	500/70<,"	150

¹ Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

2. En lasas nervadas sobre apoyos puntuales y en los casos de resistencia al fuego R 90 o mayor, el 20% de la armadura superior sobre soportes se distribuirá en toda la longitud del vano, en la banda de soportes (véase EHE, 2.2A.2.). Si la losa nervada se dispone sobre apoyos lineales, la armadura de negativos se prolongará un 33% de la longitud del vano con una cuantía no inferior a un 25% de la requerida en apoyos.

C.2.3.5 Forjados unidireccionales

1. Si los forjados disponen de elementos de entrevigado cerámicos o de hormigón y revestimiento inferior, para resistencia al fuego R 120 o menor bastará con que se cumpla el valor de la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras establecidos para lasas macizas en la tabla C4, pudiéndose contabilizar, a efectos de dicha distancia, los espesores

equivalentes de hormigón con los criterios y condiciones indicados en el apartado C.2.4.(2). Si el forjado tiene función de compartimentación de incendio deberá cumplir asimismo con el espesor h_{\min} establecido en la tabla C4.

2. Para una resistencia al fuego R 90 o mayor, la armadura de negativos de forjados continuos se debe prolongar hasta el 33% de la longitud del tramo con una cuantía no inferior al 25% de la requerida en los extremos.
3. Para resistencias al fuego mayores que R 120, o bien cuando los elementos de entrevigado no sean de cerámica o de hormigón, o no se haya dispuesto revestimiento inferior deberán cumplirse las especificaciones establecidas para vigas con las tres caras expuestas al fuego en el apartado C.2.3.1. A efectos del espesor de la losa superior de hormigón y de la anchura de nervio se podrán tener en cuenta los espesores del solado y de las piezas de entrevigado que mantengan su función aislante durante el periodo de resistencia al fuego, el cual puede suponerse, en ausencia de datos experimentales, igual a 120 minutos. Las bovedillas cerámicas pueden considerarse como espesores adicionales de hormigón equivalentes a dos veces el espesor real de la bovedilla.

C.2.4. Capas protectoras

1. La *resistencia al fuego* requerida se puede alcanzar mediante la aplicación de capas protectoras cuya contribución a la resistencia al fuego del elemento estructural protegido se determinará de acuerdo con la norma UNE ENV 13381-3: 2004.
2. Para resistencias al fuego R 120 como máximo, los revestimientos de yeso pueden considerarse como espesores adicionales de hormigón equivalentes a 1,8 veces su espesor real. Cuando estén aplicados en techos, para resistencias al fuego R 90 como máximo se recomienda que su puesta en obra se realice por proyección, mientras que para valores R 120 o mayores resulta necesario, debiendo además disponerse un armado interno no combustible firmemente unido a la vigueta. Estas especificaciones no son válidas para revestimientos con placas de yeso.

C.3 Método simplificado de la isoterma 500

C.3.1 Campo de aplicación

1. Este método es aplicable a elementos de hormigón armado y pretensado, solicitados por esfuerzos de compresión, flexión ó flexocompresión.
2. Para poder aplicar este método, la dimensión del lado menor de las vigas o soportes expuestos por dicho lado y los contiguos debe ser mayor que la indicada en la tabla C.6.

Tabla C.6 Dimensión mínima de vigas y soportes

Resistencia a fuego normalizado	R 60	R 90	R 120	R 180	R 240
Dimensión mínima de la sección recta (mm)	90	120	160	180	200

C.3.2 Determinación de la capacidad resistente de cálculo de la sección transversal

1. La comprobación de la capacidad portante de una sección de hormigón armado se realiza por los métodos establecidos en la Instrucción EHE, considerando:
 - a) una sección reducida de hormigón, obtenida eliminando a efectos de cálculo para determinar la capacidad resistente de la sección transversal, las zonas que hayan alcanzado una temperatura superior a 105 500°C durante el periodo de tiempo considerado;
 - b) que las características mecánicas del hormigón de la sección reducida no se ven afectadas por la temperatura, conservando sus valores iniciales en cuanto a resistencia y módulo de elasticidad;
 - c) que las características mecánicas de las armaduras se reducen de acuerdo con la temperatura que haya alcanzado su centro durante el tiempo de resistencia al fuego considerado. Se considerarán todas las armaduras, incluso aquéllas que queden situadas fuera de la sección transversal reducida de hormigón.
2. La comprobación de vigas o losas sección a sección resulta del lado de la seguridad. Un procedimiento más afinado es, a través del método del apartado C.3, comprobar que, en situación de incendio, la capacidad residual a momentos de cada signo del conjunto de las secciones equilibra la carga.

C.3.3 Reducción de las características mecánicas

1. La resistencia de los materiales se reduce, en función de la temperatura que se alcance en cada punto, a la fracción de su valor característico indicada en la tabla C.7:

Tabla C.7 Reducción relativa de la resistencia con la temperatura

Temperatura (°C)		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200
Hormigón	Silíceo	1,00	0,95	0,85	0,75	0,60	0,30	0,30	0,08	0,04	0,04	0,00
	Calizo	1,00	0,97	0,91	0,85	0,74	0,60	0,43	0,15	0,06	0,06	0,00
Acero de armar	Laminado en caliente	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78	0,47	0,23	0,11	0,06	0,04	0,00
	Estirado en frío	1,00	1,00	1,00	0,94	0,67	0,40	0,12	0,11	0,08	0,05	0,00
Acero do pretensar	Estirado en frío	0,99	0,87	0,72	0,46	0,22	0,10	0,08	0,05	0,03	0,00	0,00
	Enfriado y templado	0,98	0,92	0,86	0,69	0,26	0,21	0,15	0,09	0,04	0,00	0,00

C.3.4 Isotermas

1. Las temperaturas en una estructura de hormigón expuesta al fuego pueden obtenerse de forma experimental o analítica.
2. Las isotermas de las figuras de este apartado pueden utilizarse para determinar las temperaturas en la sección recta con hormigones de áridos silíceos y expuestas a fuego según la curva normalizada hasta el instante de máxima temperatura. Estas isotermas quedan del lado de la seguridad para la mayor parte de tipos de áridos, pero no de forma generalizada para exposiciones a un fuego distinto del normalizado.

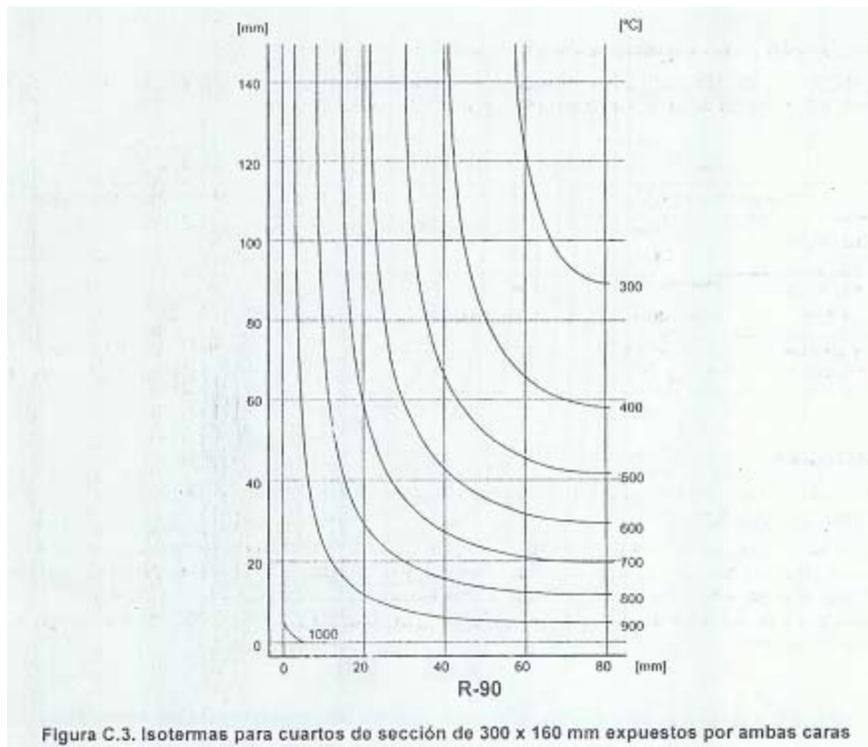
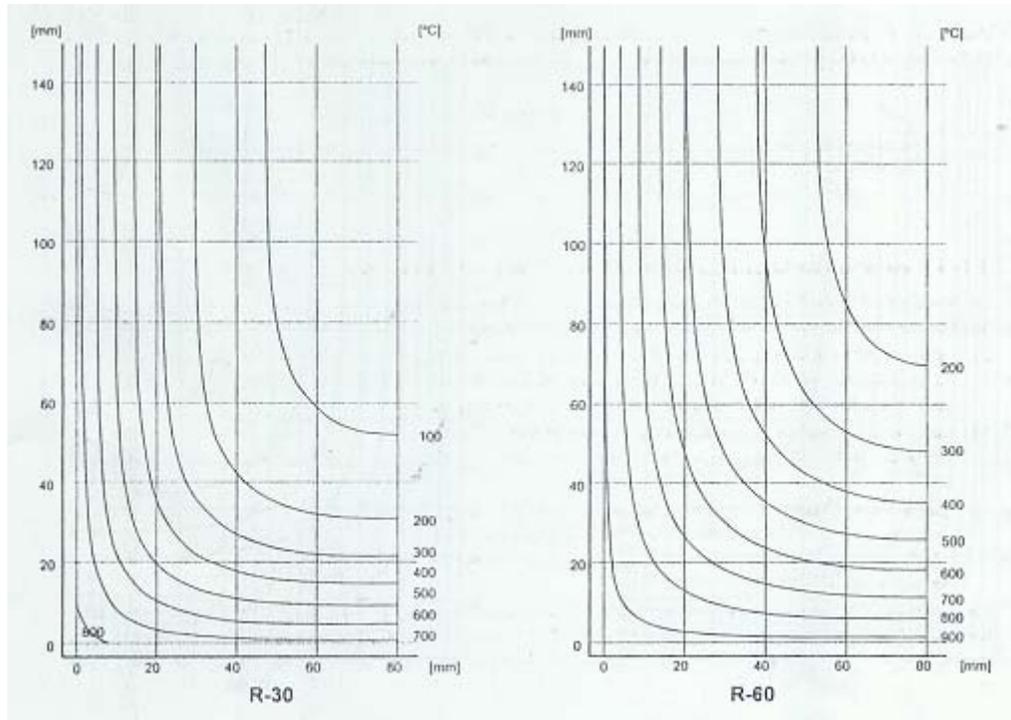


Figura C.3. Isothermas para cuartos de sección de 300 x 160 mm expuestos por ambas caras

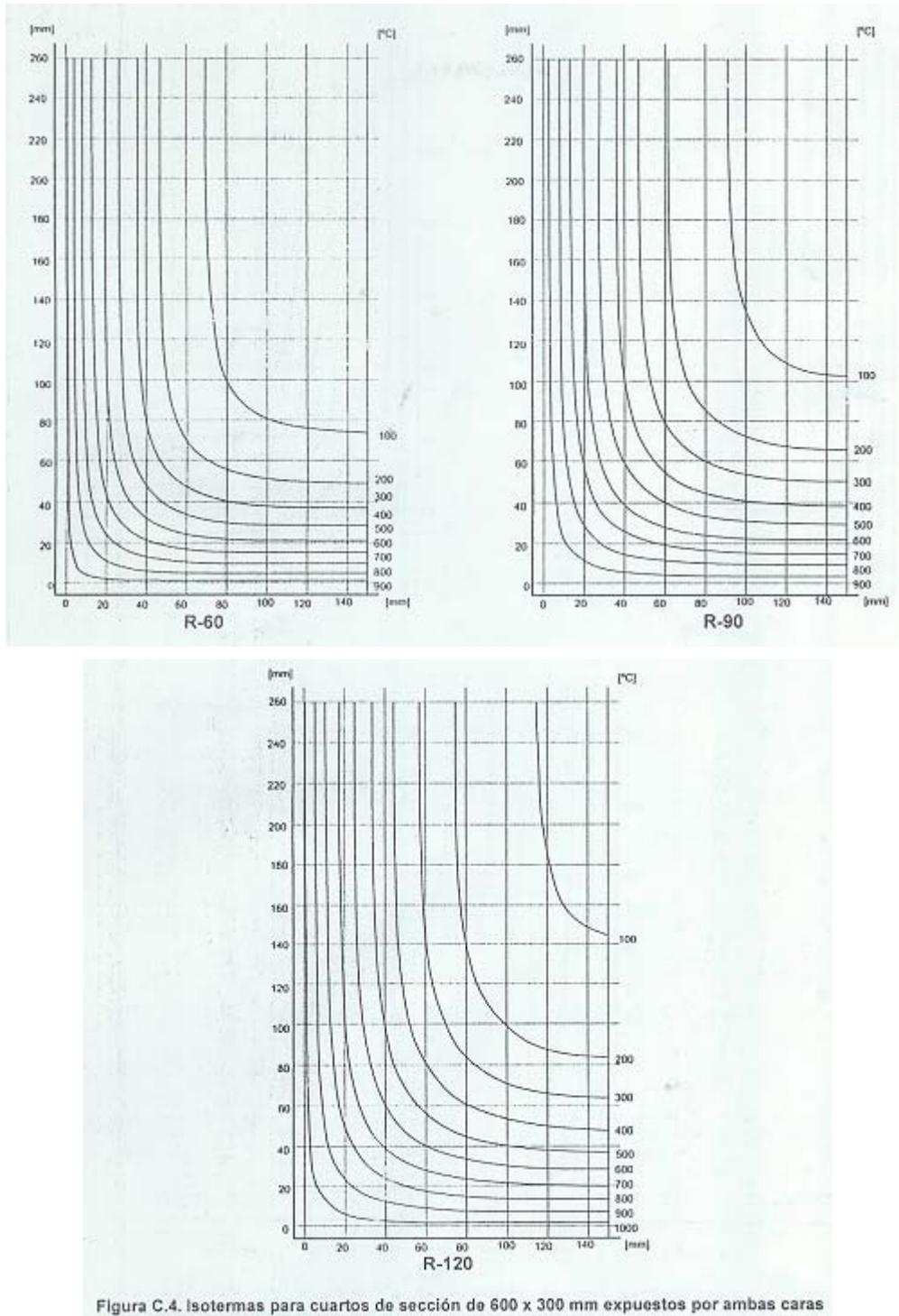
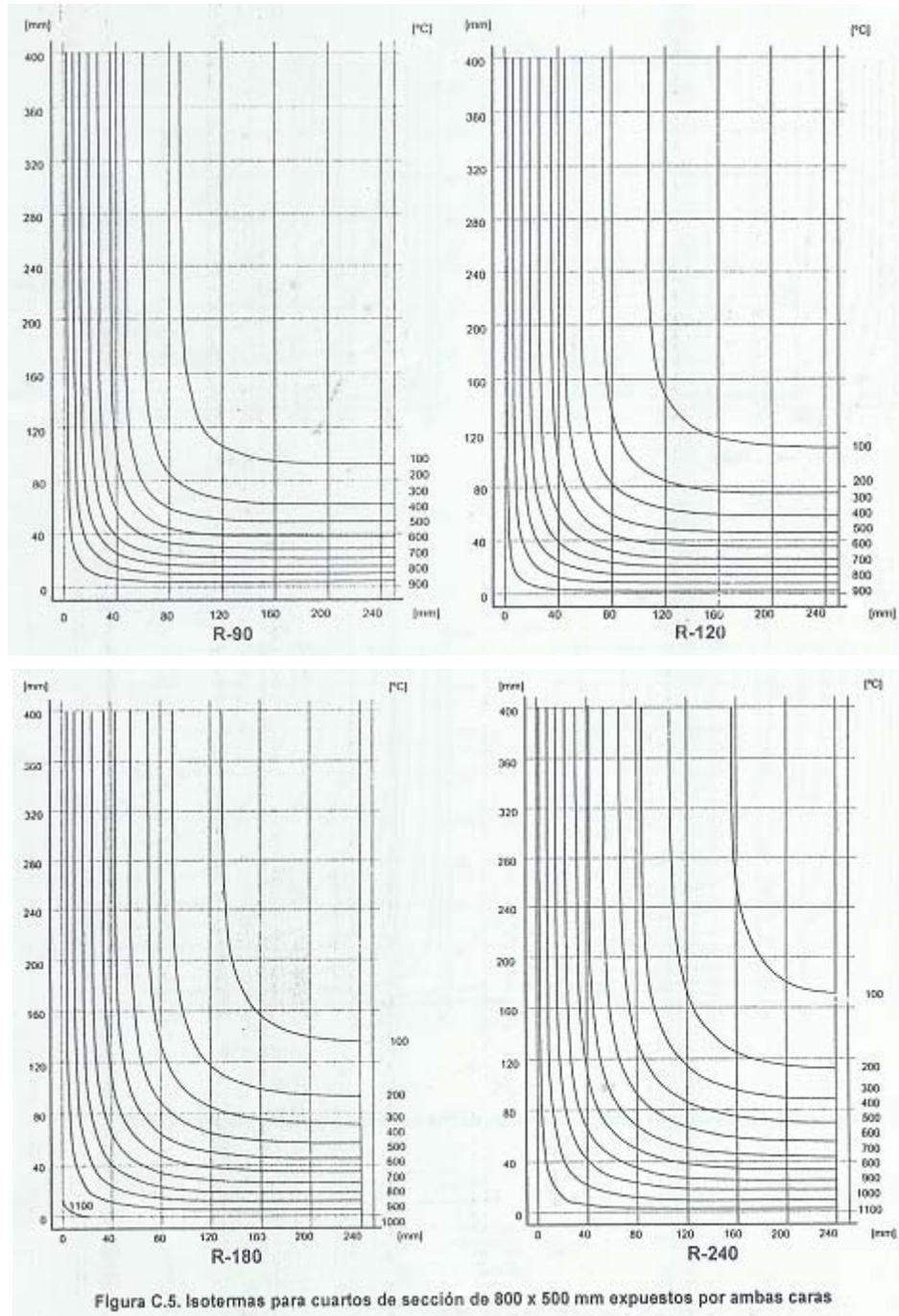
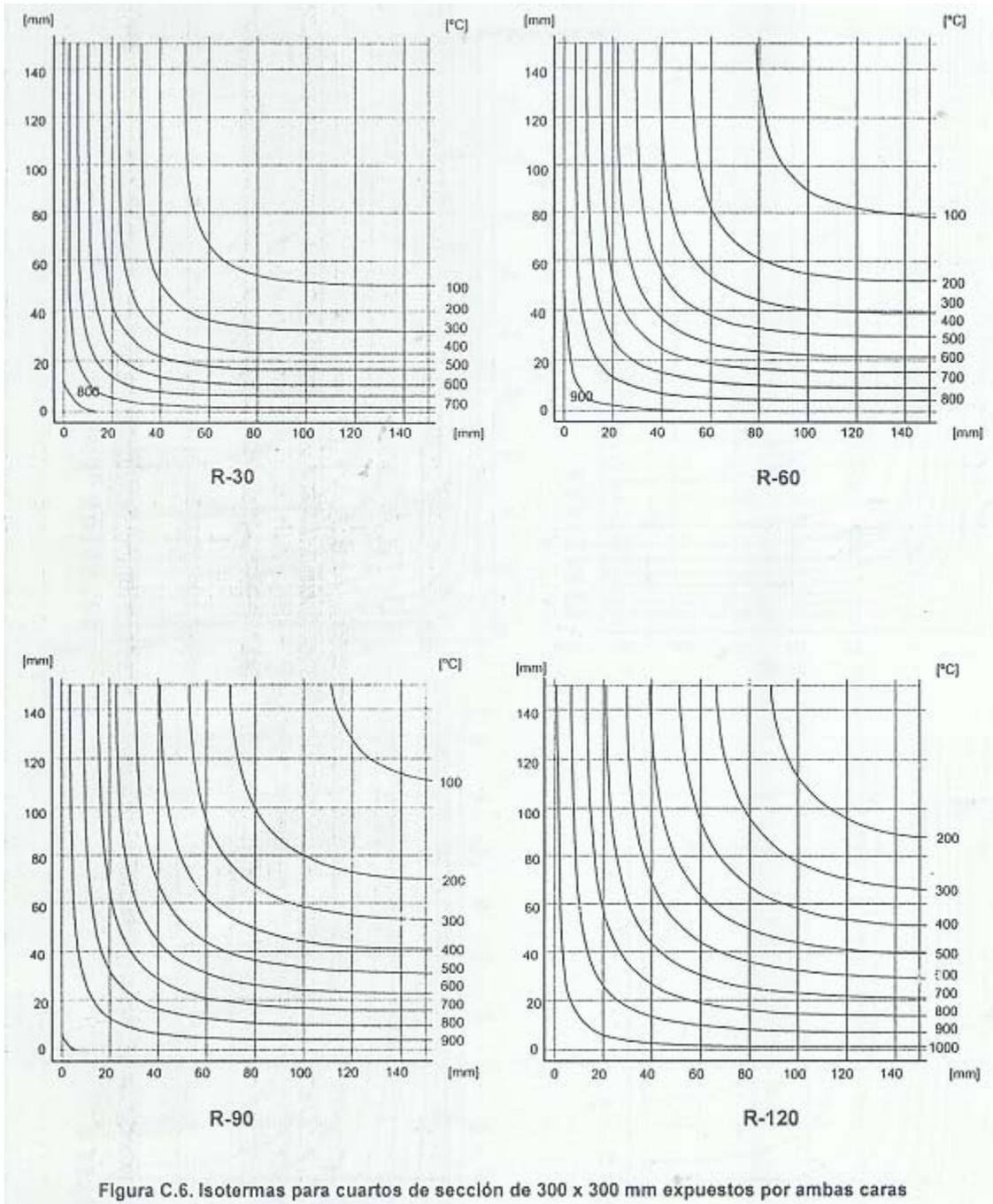


Figura C.4. isotermas para cuartos de sección de 600 x 300 mm expuestos por ambas caras





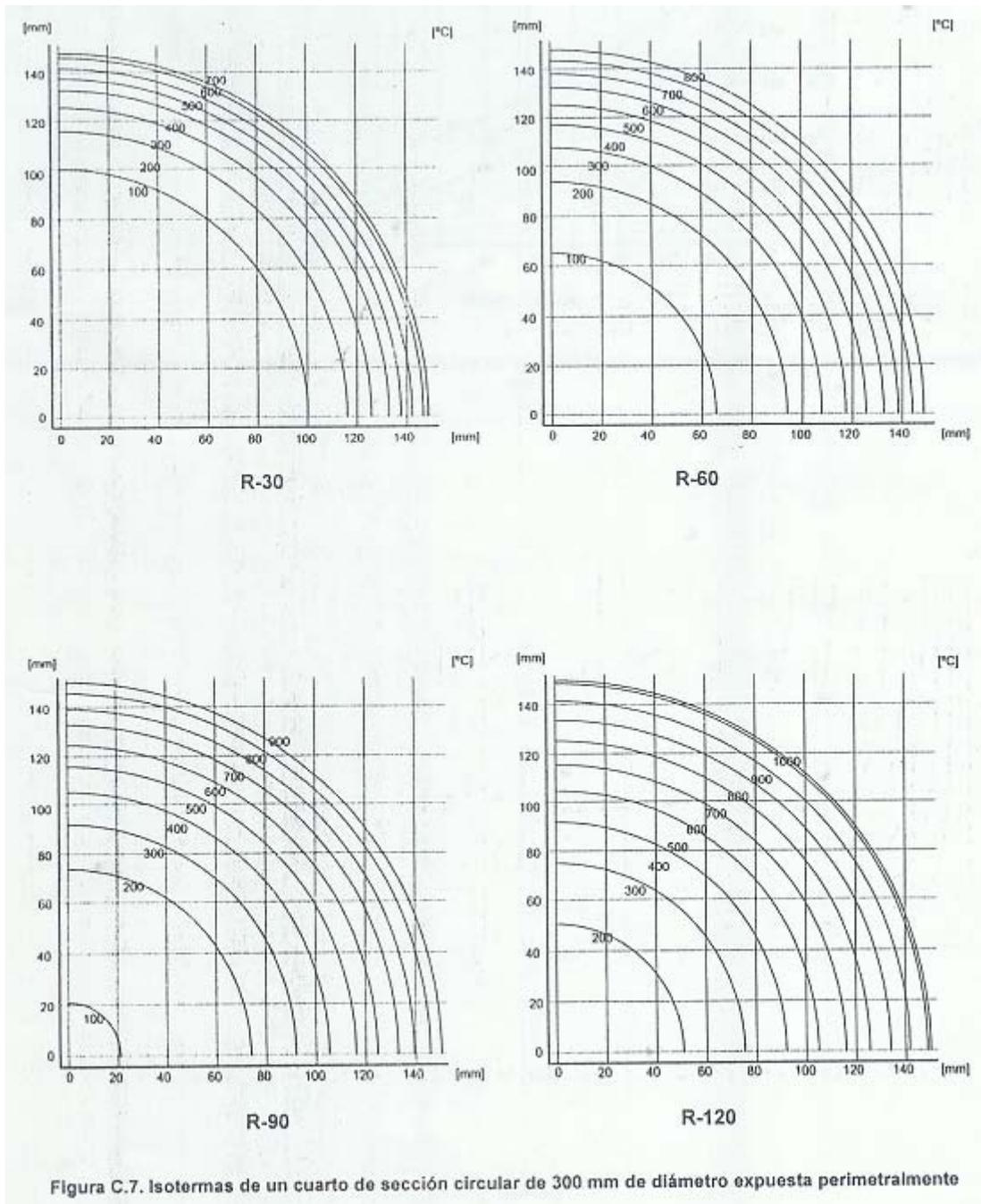
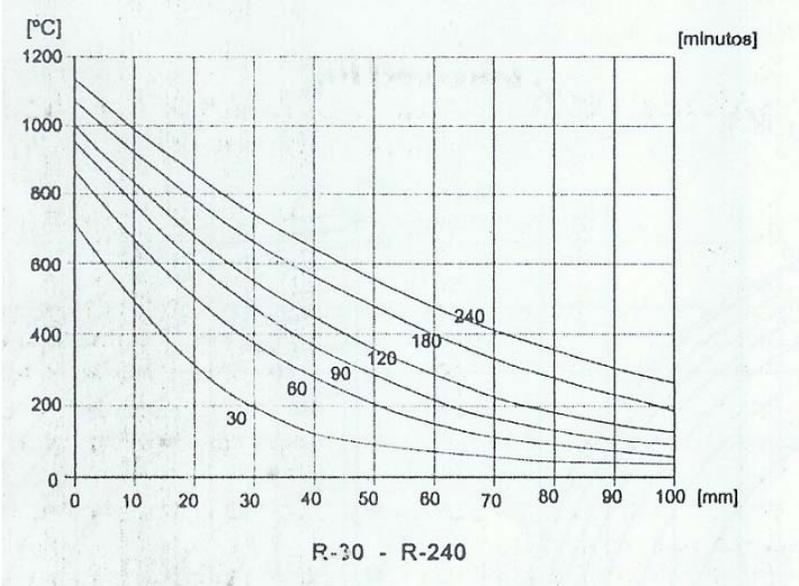


Figura C.7. Isotermas de un cuarto de sección circular de 300 mm de diámetro expuesta perimetralmente



B.2.3 Resistencia al fuego de los elementos de acero (ref. 24)

D.1 Generalidades

1. En este anejo se establece un método simplificado que permite determinar la resistencia de los elementos de acero ante la acción representada por la *curva normalizada tiempo-temperatura*.
2. En el análisis del elemento puede considerarse que las coacciones en los apoyos y extremos del mismo en situación de cálculo frente a fuego no varían con respecto de las que se producen a temperatura normal.
3. Se admite que la clase de las secciones transversales en situación de cálculo frente a fuego es la misma que a temperatura normal.
4. En elementos con' seccion de pared delgada, (clase 4), la temperatura del acero en todas las secciones transversales no debe superar los 350 °C.
5. En cuanto a la resistencia al fuego de los elementos de acero revestidos con productos de protección con marcado CE, los valores de protección que éstos aportan serán los avalados por dicho marcado.

D.2 Método simplificado de cálculo

D.2.1 Vigas y tirantes

1. Mediante la Tabla D.1 puede dimensionarse la protección frente al fuego de vigas arriostradas lateralmente o tirantes para una determinada *resistencia al fuego*, siendo:

μ_{fi} : coeficiente de sobredimensionado, definido en SI 6.

A_m/V : factor de forma siendo:

A_m : superficie expuesta al fuego del elemento por unidad de longitud, la del elemento si no está protegido o la de la cara interior de la protección si está revestido. Se considerará únicamente la del contorno expuesto en el *sector de incendio* analizado.

V : volumen del elemento de acero por unidad de longitud. Para elementos de sección constante, A_m/V es igual al cociente entre el perímetro expuesto y el área de la sección transversal

d/λ_p : coeficiente de aislamiento del revestimiento, (m^2K/W) obtenido como promedio de las caras expuestas al fuego, siendo:

d : espesor del revestimiento, [m];

λ_p : conductividad térmica efectiva del revestimiento, para el desarrollo total del tiempo de resistencia a fuego considerado; (W/mK). En materiales de tipo pétreo, cerámico, hormigones, morteros y yesos, se puede tomar el valor de λ_p correspondiente a 20 °C.

Tabla D.1 Coeficiente de protección $d/\lambda p$ (m^2K/W) de vigas y tirantes				
Tiempo estándar de resistencia al fuego	Factor de forma $Am/V(m^{-1})$	Coeficiente de sobredimensionado $> \mu_{fi}$		
		$0,70 > \mu_{fi} > 0,60$	$0,60 > \mu_{fi} > 0,50$	$0,50 > \mu_{fi} > 0,40$
R 30	30	0,05	0,001	0,001
	50		0,05	0,05
	100			
	150			
	200	0,1	0,1	0,05
	250			
	300			
R 60	30	0,05	0,05	0,05
	50	0,1	0,1	0,1
	100			
	150			
	200	0,15	0,15	0,1
	250			
	300			
R 90	30	0,05	0,05	0,05
	50	0,15	0,1	0,1
	100		0,15	0,15
	150			
	200	0,2	0,2	0,15
	250			
	300			
R 120	30	0,1	0,05	0,05
	50	0,1	0,1	0,1
	100	0,15	0,15	0,15
	150	0,2	0,2	0,2
	200			
	250			
	300	0,25	0,25	0,2
R 180	30	0,1	0,10	0,1
	50	0,15	0,15	0,15
	100	0,25	0,25	0,25
	150			
	200			
	250	0,3	0,3	0,3
	300			
R 240	30	0,15	0,15	0,1
	50	0,2	0,2	0,15
	100	0,3	0,25	0,25
	150	-	-	0,3
	200			
	250			
	300			

¹ Perfiles de acero sin revestir

D.2.2 Soportes

D.2.2.1 Soportes de estructuras arriostradas.

1. En soportes de acero revestidos mediante elementos de fábrica en todo el contorno expuesto al fuego, se puede considerar del lado de la seguridad que la *resistencia* al *fuego* del soporte es, al menos igual a la *resistencia* al *fuego* correspondiente al elemento de fábrica.
2. En el caso de estructuras arriostradas en las que cada sector no abarque más de una planta y en las que la sección del soporte se haya determinado adoptando como longitud de pandeo al menos el 0,7 de la altura entre plantas, la resistencia al fuego puede determinarse mediante la tabla D.1.
3. En cualquier caso, en soportes de pared no delgada (clases 1,2 o 3), la capacidad resistente de cálculo considerando pandeo de un elemento sometido a flexocompresión puede verificarse, a partir de las solicitaciones obtenidas de la combinación de acciones en caso de incendio, mediante las expresiones generales de OB-SE-A usando 10\$ valores modificados dados a continuación:
 - a) el límite elástico se reducirá multiplicándolo por el coeficiente $k_{y,\theta}$ de la tabla D.2.
 - b) como longitud de pandeo se tomará, en estructuras arriostradas y sí el sector de incendio no abarca más de una planta, la mitad de la altura entre plantas intermedias, o el 0,7 de la altura de la última planta.
 - c) como curva de pandeo se utilizará la curva e, con independencia del tipo de sección transversal o el plano de pandeo.
 - d) la esbeltez reducida se incrementará multiplicándola por el coeficiente $k_{\lambda,\theta}$ de la tabla D.2

Tabla D.2 Valores de los parámetros mecánicos del acero en función de la temperatura

Temperatura (°C)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200
$k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78	0,47	0,23	0,11	0,06	0,04	0,00
$k_{E,\theta} = E_{S,\theta} / E_S$	1,00	0,95	0,80	0,70	0,60	0,31	0,13	-	-	-	-
$k_{\lambda,\theta} = \lambda_\theta / \lambda$	1,00	1,05	1,11	1,19	1,14	1,23	1,33	-	-	-	-

D.2.3 Determinación de la temperatura del acero

1. Para comprobar vigas o soportes, en función de la variación de los parámetros mecánicos del acero, establecidas en la tabla D.2, es preciso obtener la temperatura en el elemento, mediante un cálculo incremental, de acuerdo con la variación de la temperatura del sector.
2. Para acero sin revestir, el incremento de temperatura en el acero, $\Delta\theta_{s,t}$ suponiéndola distribuida uniformemente en la sección, en un incremento de tiempo Δt , se determina mediante la expresión:

$$\Delta\theta_{s,t} = \frac{A_m/V}{c_s \rho_s} h_{net,d} \Delta t$$

Siendo:

A_m/V : Factor de forma, según se define en D.2.1;

c_s : Calor específico del acero, que puede suponerse independiente de la temperatura, y de valor $c_s = 600$ J/kgK.

$h_{net,d}$: Valor de cálculo del flujo de calor neto por unidad de área (W/m^2), que se considera suma del valor del flujo de calor por radiación $h_{net,r}$ y por convección $h_{net,c}$ siendo:

$$h_{net,r} = \Phi \varepsilon_f \varepsilon_m \sigma [(\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_s + 273)^4] \quad [W/m^2]$$

Donde:

Φ : Factor de configuración, de valor 1,0 si no existen datos específicos;

ε_f : Emisividad del fuego, de valor 1,0 si no existen datos específicos;

ε_m : Emisividad superficial del material, que en el caso del acero tiene valor 0,50;

Θ_r : Temperatura de radiación efectiva en el sector de incendio [$^{\circ}C$], que puede tomarse igual a la de! gas según B.2 ;

Θ_s : Temperatura superficial del elemento ($^{\circ}C$), y

σ : Constante de Boltzmann; igual a $5,67 \cdot 10^{-8}$ W/m² K⁴

$$h_{net,c} = \alpha_c (\Theta_g - \Theta_m) \quad [W/m^2]$$

Donde:

α_c : Coeficiente de transferencia de calor por convección ($W/m^2^{\circ}K$), que para el caso de la *curva normalizada tiempo-temperatura* es igual a 25.W/m²K. En el lado no expuesto de elementos separadores, puede considerarse únicamente el flujo de calor por convección, tomando como coeficiente de transferencia el valor de $\alpha_c = 9$ W/m² K

Θ_g : Temperatura del gas en el *sector de incendio* [$^{\circ}C$]

Θ_s : Temperatura superficial del elemento ($^{\circ}C$)

Δt : Intervalo de tiempo, no superior a 5 segundos;

ρ_s : Densidad del acero, que puede suponerse independiente de la temperatura y de valor 7850 kg/m³.

3. Para acero revestido, el incremento de temperatura en el acero, $\Delta\theta_{s,t}$, suponiéndola distribuida uniformemente en la sección, en un incremento de tiempo Δt , se determina mediante la expresión:

$$\Delta\theta_{s,t} = \frac{\lambda_p A_m/V (\theta_{g,t} + \theta_{s,t})}{dc_s \rho_s (1 + \phi/3)} \Delta t (e^{\phi/10} + 1) \Delta_{g,t} \text{ con } \Delta\theta_{s,t} \geq 0$$

Siendo:

$$\phi = \frac{c_p \rho_p}{c_s \rho_s} d A_m / V$$

Donde:

A_m/V : definido en el apartado D.2.2;

d : definido en el apartado 0.2.2;

$\theta_{s,t}$: Temperatura del acero en el instante t ;

λ_p : Conductividad térmica del material de revestimiento, [W/mK].

D.3 Conexiones

1. La conexión entre elementos debe tener un valor de t_{fi} mayor que el valor pésimo de los elementos que une.
2. Si los elementos están revestidos, la unión entre los mismos debe estar asimismo revestida, de tal forma que el valor del coeficiente de aislamiento del material de revestimiento de la unión sea mayor o igual al de los elementos.

B.2.4 Resistencia al fuego de las estructuras de madera (ref. 24)

E.1 Generalidades

1. En este anejo se establecen un método simplificado de cálculo que permite determinar la resistencia de los elementos estructurales de madera ante la acción representada por la *curva normalizada tiempo-temperatura*.

E.2 Método de la sección reducida

E.2.1 Generalidades

1. La comprobación de la capacidad portante de un elemento estructural de madera se realiza por los métodos establecidos en DB SE-M, teniendo en cuenta las reglas simplificadas para el análisis de elementos establecidos en E.3, y considerando:
 - a) una sección reducida de madera, obtenida eliminando de la sección inicial la profundidad eficaz de carbonización, d_{ef} , en las caras expuestas, alcanzada durante el periodo de tiempo considerado;

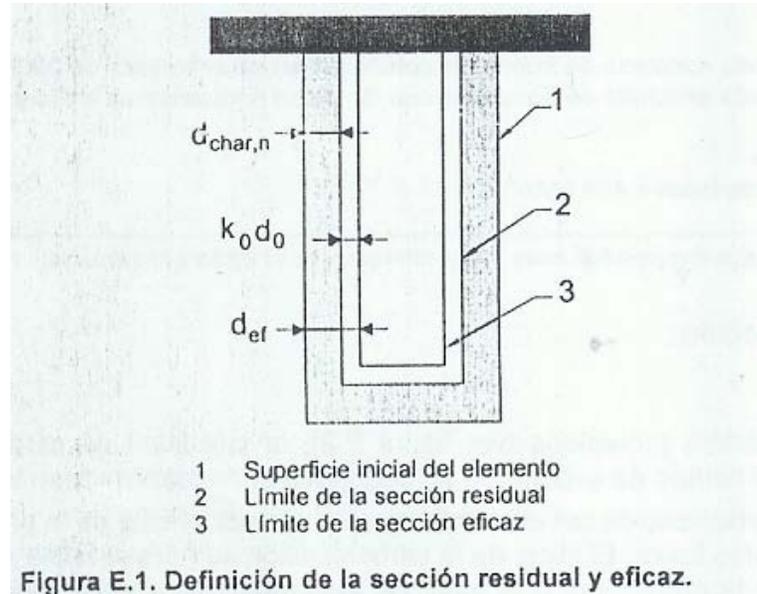
$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$$

Siendo:

$d_{char,n}$: Profundidad carbonizada nominal de cálculo, se determinará de acuerdo con el apartado E.2.2.

d_0 : de valor igual a 7 mm

k_0 : de valor igual a 1 para un tiempo, t , mayor o igual a 20 minutos y $t/20$ para tiempos inferiores, en el caso de superficies no protegidas o superficies protegidas cuyo tiempo del inicio de la carbonización, t_{ch} , sea menor o igual que 20 minutos. Para superficies protegidas cuyo tiempo del inicio de la carbonización, t_{ch} , sea mayor que 20 minutos se considerará que k_0 varía linealmente desde cero hasta uno durante el intervalo de tiempo comprendido entre cero y t_{ch} , siendo constante e igual a uno a partir de dicho punto.



- b) que la resistencia de cálculo y los parámetros de cálculo de la rigidez se consideran constantes durante el incendio, conservando sus valores iniciales;
- c) que el factor de modificación K_{mod} en situación de incendio se tomará igual a la unidad
2. En este método se consideran las siguientes hipótesis implícitas:
- Se analizan, a estos efectos, solamente los elementos estructurales individualmente en lugar de la estructura global.
 - Las condiciones de contorno y apoyo, para el elemento estructural, se corresponden con las adoptadas para temperatura normal.
 - No es necesario considerar las dilataciones térmicas en los elementos de madera, aunque sí en otros materiales.

E.2.2 Profundidad carbonizada

1. Se considerará que se produce carbonización en todas las superficies de madera o de productos derivados de la madera expuestos al fuego y, en el caso de elementos protegidos, cuando ésta se inicie durante el tiempo de exposición al fuego especificado.
2. La profundidad carbonizada nominal de cálculo en una dirección, $d_{char,n}$, entendida como la distancia entre la superficie exterior de la sección inicial y la línea que define el frente de carbonización para un tiempo de exposición al fuego determinado, que incluye el efecto del redondeo de las aristas, se determina según la expresión siguiente:

$$d_{char,n} = \beta_n t^m$$

Siendo:

β_n : Velocidad de carbonización nominal. Se determinará de acuerdo con E.2.3;

t : tiempo de exposición al fuego.

E.2.3 Velocidad de carbonización nominal de cálculo

E.2.3.1 Madera sin protección

1. Para maderas sin protección, la velocidad de carbonización nominal de cálculo, β_n , se considerará constante durante todo el tiempo de exposición al fuego y su valor se determinará de acuerdo con la tabla E.1.

Tabla E.1. Velocidad de carbonización nominal de cálculo. β_n , de maderas sin protección

	β_n (mm/min.)
Coníferas y haya	
Madera laminada encolada con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,7
Madera maciza con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,8
Fronosas.	
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica de 290 kg/m^3 ¹	0,7
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,55
Madera microlaminada	
Con una densidad característica $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,7

¹ Para densidad característica comprendida entre 290 y 450 kg/m^3 . se interpolará linealmente

E.2.3.2 Madera con protección

E.2.3.2.1. Generalidades

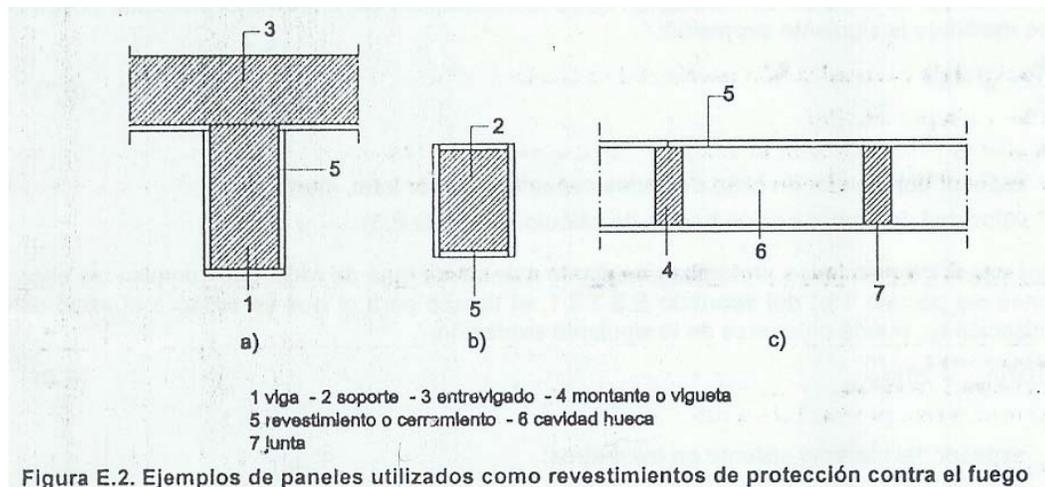
1. Para elementos de madera protegidos (ver figura, E.2), la velocidad de carbonización nominal de cálculo varía durante el tiempo de exposición al fuego, debiendo considerarse los siguientes casos:
 - a) Si el inicio de la carbonización del elemento se produce por el fallo de la protección deben considerarse las siguientes fases. El inicio de la carbonización se retrasa hasta el momento en que se produce el fallo de la protección, t_f . A partir de este momento debe considerarse una velocidad de carbonización nominal igual al doble de la establecida en la tabla E.1 para madera sin protección, hasta que se alcance una profundidad carbonizada nominal de cálculo igual al menor de los dos valores siguientes: 25mm o la profundidad carbonizada nominal de cálculo de una superficie no protegida. En la fase posterior a dicho instante, se considerará como velocidad de carbonización nominal la correspondiente a la madera sin protección.
 - b) Si el inicio de la carbonización del elemento se produce antes del fallo de la protección deben considerarse las siguientes fases. Una primera fase hasta el momento en que se inicia la carbonización del elemento, t_{ch} . A partir de este momento y hasta que se produzca el fallo de la protección, t_f debe considerarse una velocidad de carbonización nominal igual a la establecida en la tabla E.1 para madera sin protección multiplicada por un coeficiente reductor k_2 , función del tipo de protección. A partir de este momento, debe considerarse una velocidad de carbonización nominal igual al doble de la establecida en la tabla E.1 para madera sin protección, hasta que se alcance una profundidad carbonizada nominal de cálculo igual al menor de los dos valores siguientes: 25mm o la profundidad

carbonizada nominal de cálculo de una superficie no protegida. En la fase posterior a dicho instante, se considerará como velocidad de carbonización nominal la correspondiente a la madera sin protección.

Cuando el elemento esté protegido con mantas de lana de roca con un espesor mayor o igual a 20 mm. y una densidad mayor o igual a 26 kg/m^3 que se mantengan con cohesión hasta $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, los valores de k_2 pueden tomarse de la tabla E.2 Para espesores comprendidos entre 20 y 45mm puede interpolarse linealmente.

Tabla E.2. Valores de k_2 para madera protegida por mantas de lana de roca

Espesor h_{ins} [mm]	k_2
20	1
≥ 45	0,6



- Salvo para los casos que se establecen en este Documento o para aquellos en que se disponga de información suficiente, el tiempo para el que se produce el inicio de la carbonización t_{ch} del elemento, el tiempo para el que se produce el fallo del revestimiento de protección contra el fuego u otros materiales de protección t_f así como las velocidades de carbonización en las diferentes fases, deben determinarse experimentalmente.
- Debe tenerse en cuenta en el inicio de la carbonización y, cuando proceda, en la velocidad de carbonización antes del fallo de la protección, el efecto de las juntas del revestimiento con holguras no rellenas mayores de 2mm.

E.2.3.2.2. Inicio de la carbonización

- En el caso de revestimientos de protección consistentes en una o varias capas de tableros derivados de la madera o tableros de madera maciza, el tiempo de inicio de carbonización t_{ch} del elemento protegido puede obtenerse mediante la siguiente expresión:

$$t_{ch} = \frac{h_p}{\beta_0}$$

Siendo:

h_p : Espesor del tablero, en caso de varias capas el espesor total, [mm];

β_0 : Velocidad de carbonización básica de cálculo (ver tabla E.3);

Tabla E.3. Velocidad de carbonización básica de cálculo, β_0 de tableros de protección
 β_0 (mm/min.)

Tableros ¹	β_0 (mm/min.)
Tableros de madera.	0,9
Tableros contrachapados	1
Tableros derivados de la madera diferentes al tablero contrachapado	0,9

¹ Los valores se aplican para densidad característica de 450 kg/m^3 y para un espesor del tablero de 20 mm. Para valores diferentes de la densidad característica ρ_k y del espesor h_p del tablero, la velocidad de carbonización básica de cálculo se determina mediante la siguiente expresión:

$$k_\rho = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} \text{ y } k_t = \max\left(\sqrt{\frac{20}{h_p}}, 1\right)$$

Donde:

ρ_k : Densidad característica en kg/m^3 .

h_p : Espesor del tablero en mm.

- En el caso de muros forjados formados por tableros unidos a un entramado de madera (ver figura E.2 c), el tiempo de inicio de carbonización t_{ch} , de los elementos del entramado protegido puede obtenerse mediante la siguiente expresión:

$$t_{ch} = \frac{h_p}{\beta_0} - 4,$$

Siendo:

h_p : Espesor del tablero, en caso de varias capas el espesor total, [mm];

β_0 : Velocidad de carbonización básica de cálculo (ver tabla E.3);

- Para los casos de elementos protegidos mediante mantas de lana de roca, que cumplan las especificaciones del párrafo 1 b) del apartado E.2.3.2.1, el tiempo para el que se produce el inicio de la carbonización t_{ch} , puede obtenerse de la siguiente expresión:

$$t_{ch} = 0.07(h_{ins} - 20)\sqrt{\rho_{ins}}$$

Siendo:

h_{ins} : Espesor del material aislante en milímetros;

ρ_{ins} : Densidad del material aislante en kg/m^3 .

E.2.3.2.3. Tiempos de fallo de revestimientos de protección

- El fallo del revestimiento de protección contra el fuego puede ocurrir por los siguiente motivos:
 - carbonización o degradación mecánica del material del revestimiento;

- b) insuficiente longitud de penetración de los elementos de fijación en la zona no carbonizada de la madera;
 - c) separación o distancias inadecuadas de los elementos de fijación.
2. En el caso de revestimientos de protección contra el fuego mediante tableros derivados de la madera y tableros de madera maciza, se considerará como tiempo de fallo del revestimiento, t_r , el tiempo para el que se produce el inicio de la carbonización del elemento protegido, t_{ch} , (ver apartado E.2.3.2.2).
 3. Para evitar el fallo por insuficiente longitud de penetración de los elementos de fijación en la zona no carbonizada, la, esta longitud será al menos de 10 mm. La longitud requerida del elemento de fijación se determinara mediante la expresión siguiente,

$$l_{f,req} = h_p + d_{char,n} + l_a$$

Siendo:

h_p : Espesor del tablero;

$d_{char,n}$: Profundidad de carbonización en el elemento de madera.;

l_a : Longitud mínima de penetración del elemento de fijación en la zona no carbonizada de la madera.

E.3 Reglas simplificadas para el análisis de elementos estructurales

E.3.1 Generalidades

1. Puede despreciarse la compresión perpendicular a la fibra.
2. En secciones rectangulares y circulares macizas puede despreciarse el cortante.
3. Cuando para el cálculo de los elementos sometidos a compresión o a flexión se tenga en cuenta el efecto del arriostamiento, debe verificarse que no se produce el fallo del mismo durante el tiempo requerido de exposición al fuego.
4. Se considera que no se produce el fallo del arriostamiento si el ancho y la sección reducida del mismo es al menos el 60% del ancho y la sección requerida en situación de cálculo a la temperatura normal, siempre que la fijación se realice con clavos, tirafondos, pasadores o pernos.

E.3.2 Vigas.

1. Cuando pueda producirse el fallo del arriostamiento lateral de la viga durante el tiempo requerido de exposición al fuego, debe considerarse a efectos de cálculo la posibilidad de vuelco lateral de la viga sin arriostamiento.
2. En vigas con entalladuras debe verificarse que la sección residual en las proximidades de la entalladura es como mínimo del 60% de la sección requerida en condiciones de cálculo a la temperatura normal.

E.3.3 Soportes

1. Cuando pueda producirse el fallo del arriostamiento del soporte durante el tiempo

requerido de exposición al fuego, debe considerarse a efectos de pandeo el soporte sin arriostramientos.

2. En estructuras arriostradas y si el sector de incendio no abarca más de una planta, puede tomarse como longitud de pandeo la mitad de la altura entre plantas intermedias, o el 0,7 de la altura de la última planta..

E.3.4 Elementos compuestos con uniones mecánicas

1. En elementos compuestos con uniones mecánicas, debe tenerse en cuenta la reducción del módulo de deslizamiento en la situación de incendio.
2. El módulo de deslizamiento K_{fi} para la situación de incendio se determina a partir de la siguiente expresión:

$$K_{fi} = K_u \cdot \eta_f$$

Siendo:

K_u : Módulo de deslizamiento en la situación normal de temperatura para los estados limite últimos de acuerdo con el DB SE-M.; en N/mm

η_f : Factor de conversión definido en la tabla EA.

Tabla E.4. Factor de conversión

	η_f
Clavos y tirafondos	0,2
Pernos, pasadores y conectores	0,67

E.4 Uniones

E.4.1 Generalidades

3. En este apartado se tratan las uniones entre elementos expuestos a la acción representada por la *curva normalizada tiempo-temperatura* realizadas con clavos, pernos, pasadores y conectores de anillo y de placa de acuerdo con la norma UNE EN 912:2000 y con barras encoladas. Mientras en el texto no se indique lo contrario, las reglas son solo de aplicación para *resistencias al fuego* no mayores que R 60.
4. Los apartados E.4.2 y E.4.3 son sólo válidos para uniones simétricas de tres elementos sometidas a carga lateral.

E.4.2 Uniones con piezas laterales de madera

E.4.2.1 Uniones no protegidas

1. Mediante la tabla E.5 puede obtenerse la resistencia al fuego de uniones no protegidas entre madera y madera, cuyas separaciones, distancias entre elementos de fijación y espesor de la pieza lateral cumplan los requisitos mínimos definidos en el capítulo 8 del DB-SE-M.

Tabla E.5. Resistencia al fuego de uniones no protegidas con piezas laterales de madera

	Resistencia al fuego	Condiciones
Clavos lisos	R-15	$d \geq 2,8 \text{ mm}^{(1)}$
Tirarondos	R-15	$d \geq 3,5 \text{ mm}^{(1)}$
Pernos	R-15	$t_1 \geq 45 \text{ mm}^{(2)}$
Pasadores	R-20	$t_1 \geq 45 \text{ mm}^{(2)}$
Conectoras	R-15	$t_1 \geq 45 \text{ mm}^{(2)}$

⁽¹⁾ d es el diámetro de la clavija

⁽²⁾ t_1 es el espesor de la pieza lateral

2. En uniones realizadas con pasadores, clavos o tirafondos en los que la cabeza no sobresalga de la superficie de la pieza, pueden considerarse resistencias al fuego superiores a las indicados en la tabla E.5 si se incrementa el espesor, la longitud y el ancho de las piezas laterales, así como las distancias a la testa y a los bordes desde los elementos de fijación, una cantidad a_{fi} , definida por la siguiente expresión:

$$a_{fi} = \beta_n \cdot k_{flux} (t_{req} - t_{fi,d})$$

Siendo:

β_n : Velocidad de carbonización nominal de cálculo de la madera según tabla E.1.

k_{flux} : Coeficiente que tiene en cuenta el incremento del flujo de calor a través del elemento de fijación. Puede tomarse igual a 1,5.

t_{req} : Tiempo requerido de resistencia al fuego, en minutos. Esta formulación no es válida resistencias al fuego superiores a 30 minutos

$t_{fi,d}$: Tiempo de resistencia al fuego de la unión no protegida de acuerdo con la tabla E.5.

E.4.2.2 Uniones protegidas

1. Cuando la unión se proteja mediante el adosado de tableros de madera o tableros derivados de la madera, debe cumplirse la siguiente condición:

$$t_{ch} = t_{req} - 0.5 \cdot t_{fi,d}$$

Siendo:

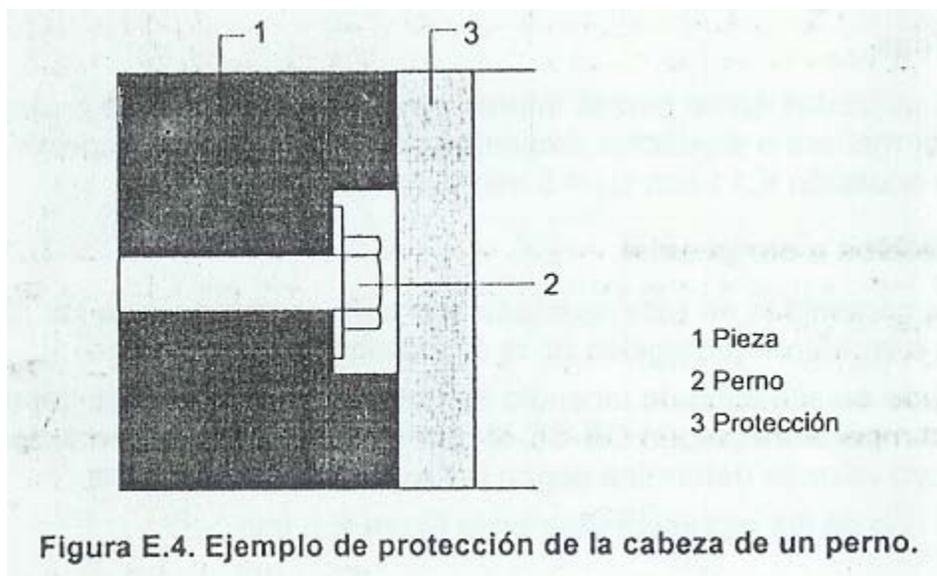
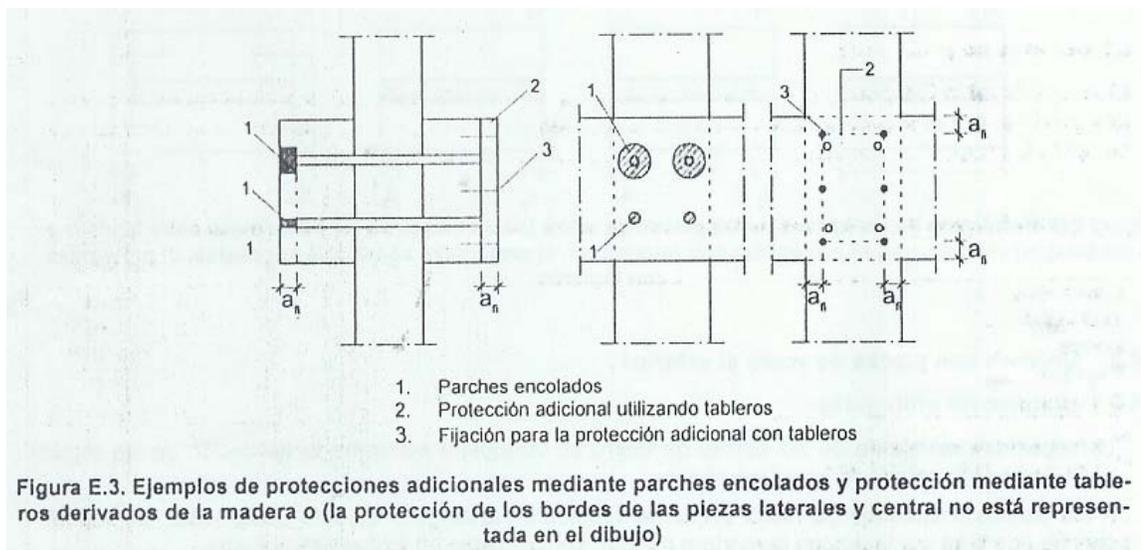
t_{ch} : Tiempo en el que inicia la carbonización de acuerdo con E.2.3.2.2;

t_{req} : Tiempo requerido para una exposición al fuego normalizado;

$t_{fi,d}$: Tiempo de resistencia al fuego de la unión sin proteger de acuerdo con la tabla E.5, sometida al efecto de cálculo de las acciones en situación de incendio.

2. En uniones en las que los elementos de fijación están protegidos por tapones o parches encolados, el espesor del parche debe determinarse mediante la expresión E.11, (ver figura E.3).
3. La protección debe fijarse de tal manera que se evite su fallo prematuro. Cuando la protección se realice mediante tableros derivados de la madera, ésta debe permanecer en su posición hasta que se alcance el tiempo requerido de inicio de la carbonización del elemento protegido ($t = t_{ch}$).

4. Para la protección de uniones con pernos, la cabeza de los pernos debe protegerse con un elemento de protección de espesor a_{fi} según E.11 (ver figura E.4).
5. Cuando la fijación de la protección se realice con clavos o tirafondos deben cumplirse las siguientes condiciones:
 - a) la distancia entre elementos de fijación debe ser de al menos 100 mm a lo largo de los bordes de la pieza y de al menos 300 mm en las líneas interiores (alejadas de los bordes);
 - b) la distancia a los bordes desde los elementos de fijación debe ser al menos igual a la obtenida mediante la ecuación E.11 (ver figura E.3).
6. La profundidad de penetración en el elemento protegido, de los elementos de fijación de tableros de madera o derivados de la madera, debe ser al menos igual a $6d$.



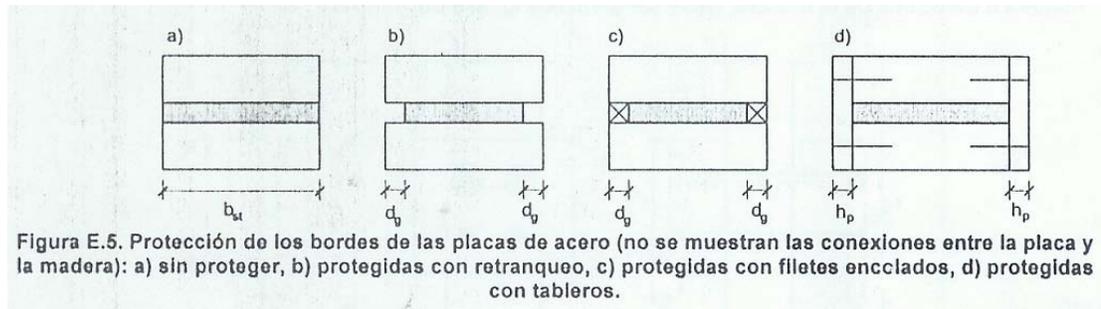
E.4.2.3 Reglas complementarias para uniones con placas de acero en el interior

1. En uniones con placas de acero espesor mayor o igual a 2 mm, situadas como piezas centrales, en las que la placa de acero no sobresalga respecto de la superficie de la pieza de madera, el ancho b_{st} de la placa de acero debe cumplir las condiciones definidas en la tabla E.6.

Tabla E.6. Anchos de las placas de acero con bordes sin proteger b_{st}
Tiempo de *resistencia*
al fuego (min.)

	Tiempo de <i>resistencia</i> al fuego (min.)	b_{st}
Bordes sin proteger en general	R-30	≥ 200
	R-60	≥ 280
Bordes sin proteger en uno o dos lados	R-30	≥ 120
	R-60	≥ 280

2. En placas de acero cuyo ancho sea menor que el de las piezas de madera pueden considerarse protegidas en los casos siguientes, (ver figura E.5):
 - a) En placas con un espesor no superior a 3 mm, cuando el retranqueo d_g sea mayor que 20 mm para una *resistencia al fuego* R 30, y mayor que 60 mm para una *resistencia al fuego* R 60.
 - b) En uniones con filetes encolados o tableros derivados de la madera, cuando el retranqueo d_g o el espesor del panel h_p , respectivamente, sea mayor que 10 mm para una *resistencia al fuego* R 30, y mayor que 30 mm para una *resistencia al fuego* R 60.



E.4.3 Uniones con placas de acero al exterior

E.4.3.1 Uniones no protegidas

1. La capacidad resistente de las placas de acero se determina mediante la aplicación de las reglas definidas en el anejo D de este Documento.
2. A los efectos del cálculo del factor d_6 forma definido en el anejo D de este Documento, las superficies de acero en contacto con la madera pueden considerarse no expuestas al fuego.

E.4.3.2 Uniones protegidas

1. Las placas de acero utilizadas como piezas laterales pueden considerarse protegidas si están totalmente recubiertas por madera o productos derivados de la madera cuyo espesor mínimo sea igual a a_{fi} de acuerdo con la ecuación E.11 con $t_{fi,d} = 5$ min.

E.4.4 Tirafondos sometidos a carga axial

1. Las especificaciones contenidas en este apartado son sólo de aplicación a los tirafondos sometidos a carga axial que se encuentren protegidos de la exposición directa al fuego.
2. La capacidad resistente en situación de incendio se obtiene multiplicando la capacidad resistente en situación normal de temperatura (según DB-SE-M) por un coeficiente de reducción, denominado factor de conversión, cuyo valor se determina según las expresiones siguientes.
3. Para las uniones del tipo de las representadas en la figura E.6 con:

$$d_2 \geq d_1 + 40$$

$$d_3 \geq d_1 + 20$$

Siendo d_1 , d_2 y d_3 distancias en mm,

El factor de conversión η se define mediante las ecuaciones siguientes:

$$\eta = 0$$

$$\text{para } d_1 \leq 0.6 \cdot t_{fi,d}$$

$$\eta = \frac{0.44d_1 - 0.264t_{fi,d}}{0.2t_{fi,d} + 5}$$

$$\text{para } 0.6 \cdot t_{fi,d} \leq d_1 \leq 0.8t_{fi,d} + 5$$

$$\eta = \frac{0.56d_1 - 0.36t_{fi,d} + 7.32}{0.2t_{fi,d} + 23}$$

$$\text{para } 0.8 \cdot t_{fi,d} + 5 \leq d_1 \leq t_{fi,d} + 28$$

$$\eta = 1$$

$$\text{para } d_1 \leq t_{fi,d} + 28$$

Siendo:

d_1 : Recubrimiento lateral en mm, figura E.11.

$t_{fi,d}$: Tiempo requerido de resistencia al fuego en minutos.

4. El factor de conversión η para recubrimientos laterales $d_2 = d_1$ y $d_3 \geq d_1 + 20\text{mm}$ puede calcularse mediante las ecuaciones E.13 a E.18, sustituyendo $t_{fi,d}$ por $1,25 \cdot t_{fi,d}$.

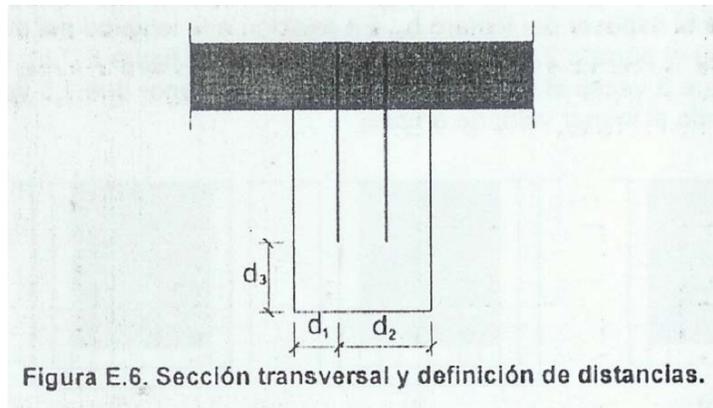


Figura E.6. Sección transversal y definición de distancias.

E.5 Disposiciones constructivas

E.5.1 Muros y forjados

E.5.1.1 Dimensiones y separaciones

1. La separación entre ejes de montantes de muros entramados y de viguetas de forjado no debe superar los 625 mm.
2. En los muros, los paneles individuales deben tener un espesor mínimo $t_{p,\min}$.
 $t_{p,\min} = \max(l_p / 70, 8)$
Siendo:
 $t_{p,\min}$: espesor mínimo del panel en milímetros
 l_p : luz del panel (separación entre las piezas del entramado) en milímetros.
3. En los elementos constructivos con una sola capa en cada lado, los tableros derivados de la madera deberán tener una densidad característica de al menos 350 kg/m^3 .

E.5.1.2 Detalles de las uniones de los tableros

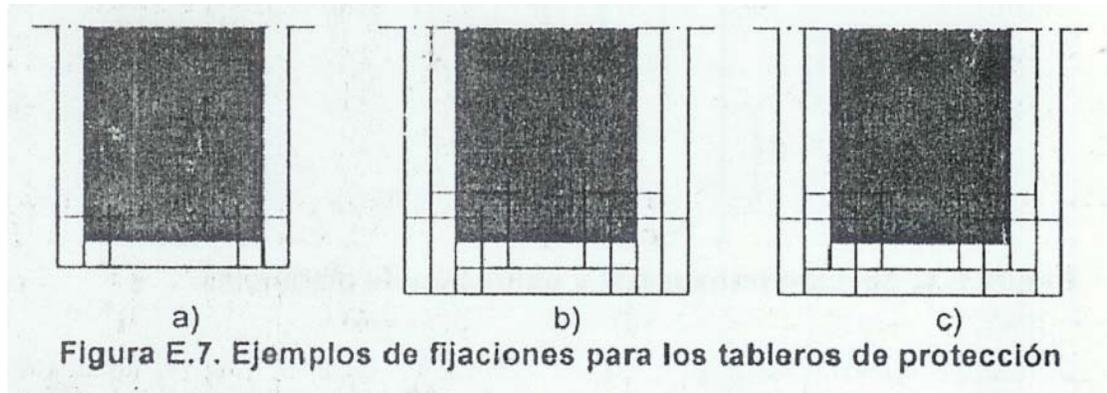
1. Los tableros deben fijarse al entramado de madera.
2. Para los paneles o tableros de madera o derivados de la madera fijados con clavos, la separación máxima entre clavos será de 150 mm. La profundidad mínima de penetración debe ser ocho veces el diámetro del elemento de fijación para tableros portantes y seis veces el diámetro del elemento de fijación para los tableros no portantes. Si los paneles se fijan con tirafondos, la separación máxima será de 250 mm.
3. Los cantos de los tableros deberán quedar en contacto con una holgura máxima de 1 mm. Deben fijarse al entramado en menos dos bordes opuestos. En el caso de capas múltiples este requisito se aplica a la capa externa.
4. En el caso de capas múltiples las juntas de los paneles deben desfasarse al menos 60 mm. Cada panel se fijará de manera individual.

E.5.1.3 Aislamiento

1. Las capas de materiales aislantes o tableros que sean tenidos en cuenta en el cálculo deben fijarse al entramado de madera de tal forma que se evite el fallo prematuro o descuelgue,

E.5.2 Otros elementos

1. Los tableros utilizados como protección de elementos estructurales tales como vigas y soportes deben fijarse a los elementos de acuerdo con las indicaciones siguientes. Los tableros deben fijarse directamente al elemento y no a otro tablero. En los revestimientos consistentes en múltiples capas de tableros, cada capa debe fijarse individualmente, y las juntas deben desfasarse al menos 60 mm. La separación entre los elementos de fijación no debe ser mayor que el menor de los valores siguientes: 200 mm o 17 veces el espesor del tablero h_p . En relación a la longitud del elemento de fijación, se aplicará lo indicado en el párrafo 2 del apartado E.5.1.2., véase figura E.7 b). La distancia al borde no debe ser mayor que 3 veces el espesor del tablero h_p , ni menor que 1,5 veces el espesor del tablero ó 15 mm., eligiendo el menor valor de ambos.



E.6 Adhesivos

1. Los adhesivos para uso estructural deben producir uniones con resistencia y durabilidad tales que la integridad del encolado se mantenga durante el periodo de resistencia al fuego exigido.
2. Para el encolado de madera con madera, madera con productos derivados de la madera o productos derivados de la madera con productos derivados de la madera, deberán utilizarse adhesivos del tipo fenol-formaldehído y aminoplásticos de tipo 1 de acuerdo con la norma UNE EN 301: 1994 y adhesivos para tablero contrachapado y madera microlaminada de acuerdo con la norma UNE EN 314:1994.
3. Para el encolado de barras de acero, la temperatura de reblandecimiento del adhesivo deberá de terminarse experimentalmente.

B.2.5 Resistencia al fuego de los elementos de fábrica (ref. 24)

En las tablas F.1 y F.2 se establece, respectivamente, la *resistencia al fuego* que aportan los elementos de fábrica de ladrillo cerámico o sílico-calcáreo y los de bloques de hormigón, ante la exposición térmica según la *curva normalizada tiempo-temperatura*.

Dichas tablas son aplicables solamente a muros y tabiques de una hoja, sin revestir y. enfoscados con mortero de cemento o guarnecidos con yeso, con espesores de 1,5 cm como mínimo. En el caso de soluciones constructivas formadas por dos o más hojas puede adaptarse como valor de *resistencia al fuego* del conjunto la suma de los valores correspondientes a cada hoja.

Tabla F.1. Resistencia al fuego de muros y tabiques de fábrica de ladrillo cerámico o sílico-calcáreo

Tipo da revestimiento	Espesor e de la fábrica en mm.							
	Con ladrillo hueco			Con ladrillo macizo o perforado		Con bloques de arcilla aligerada		
	40<e≤80	80<e≤110	e>110	110<e≤200	e>200	140<e≤240	e>240	
Sin revestir	¹	¹	¹	REI-120	REI-240	¹	¹	
Enfoscado	Por la cara expuesta	¹	EI-60	EI-90	EI-180	EI-240	EI-180	EI-240
	Por las dos caras	REI-30	REI-90	REI-120	REI-180	REI-240	REI-180	REI-240
Guarnecido	Por la cara expuesta	EI-60	EI-120	EI-180	EI-240	EI-240	EI-240	EI-240
	Por las dos caras	EI-90	EI-180	EI-240	EI-240	EI-240	EI-240	EI-240

¹ No es usual

Tabla F.2. Resistencia al fuego de muros y tabiques de fábrica de bloques de hormigón

Tipo de cámara	Tipo de árido	Tipo de revestimiento	Espesor nominal en mm	Resistencia al fuego
Simple	Silíceo	Sin revestir	100	EI-15
			150	REI-60
			200	REI-120
	Calizo	Enfoscado por las dos caras	100	EI-50
			150	REI-90
			200	REI-180
	Volcánico	Sin revestir	120	EI-120
			200	REI-180
			120	EI-120
			90	EI-180
			120	EI-180
	Arcilla expandida.	Guarnecido por la cara expuesta (enfoscado por la -i?3ra exterior)	200	REI-240
			200	REI-120
			200	REI-120
200			REI-120	
Doble	Arcilla expandida	Sin revestir	200	REI-180

La clasificación que figura en las tablas para cada elemento no es la única que le caracteriza, sino únicamente la que está disponible. Por ejemplo, una clasificación EI asignada a un elemento no presupone que el mismo carezca de capacidad portante ante la acción del fuego y que, por tanto, no pueda ser clasificado también como REI, sino simplemente que no se dispone de dicha clasificación.

B.3 Extracto de NBE-CPI-96.

B.3.1 COMPORTAMIENTO ANTE EL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y MATERIALES (ref. 23)

Las prescripciones del presente capítulo están dirigidas a garantizar la estabilidad del edificio y a limitar el desarrollo de un posible incendio.

ART. 13 CARACTERÍSTICAS QUE DEFINEN EL COMPORTAMIENTO ANTE EL FUEGO

13.1 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Las exigencias del comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo se definen por los tiempos durante los cuales dicho elemento debe mantener aquellas de las condiciones siguientes que le sean aplicables, en el ensayo normalizado conforme a UNE 23 093:

- a) Estabilidad o capacidad portante;
- b) Ausencia de emisión de gases inflamables por la cara no expuesta;
- c) Estanquidad al paso de llamas o gases calientes;
- d) Resistencia térmica suficiente para impedir que se produzcan en la cara no expuesta temperaturas superiores a las que se establecen en la citada norma UNE.

Es aplicable la condición a) cuando se exija estabilidad al fuego (EF), las condiciones a), b) y c) en el caso de parallamas (PF), y todas cuando se exija resistencia al fuego (RF).

Esta norma básica establece sus exigencias conforme a la siguiente escala de tiempos: 15, 30, 60, 90, 120, 180 y 240 minutos.

El desarrollo del incendio en un espacio se caracteriza por la evolución de la temperatura en el tiempo, que es función de las condiciones particulares del espacio donde se produce, como su geometría, carga de fuego, ventilación y transmisión térmica.

La norma UNE 23 093 define una acción térmica convencional mediante una relación tiempo-temperatura que constituye una referencia que permite establecer las exigencias reglamentarias de comportamiento ante el fuego de los elementos constructivos, en términos de tiempo equivalente durante el cual el ensayo reproduce la peor condición, de las señaladas en el articulado, que pueden tener lugar en un incendio.

Dicho tiempo no coincide, en general, con el de desarrollo de un incendio, ni con el instante en el que se alcanza la temperatura máxima o la peor condición para el elemento en cuestión. Tampoco se relaciona directamente con el tiempo necesario para la evacuación del edificio.

Como en un incendio cada elemento alcanza su peor situación en un tiempo diferente, la determinación analítica del tiempo equivalente puede suponer, en casos especiales, valores significativamente inferiores a los establecidos en esta norma básica con carácter general.

Conforme con las condiciones que establece el articulado, las características de resistencia al fuego (RF) y parallamas (PF) de un elemento constructivo, son cualidades que dependen de la cara que se considere expuesta al fuego, por tanto un elemento puede tener dos grados diferentes de resistencia al fuego (RF) o parallamas (PF).

La escala de tiempos adoptada por esta norma básica se corresponde con los siguientes valores de temperatura alcanzada por encima de la del ambiente:

Tiempo (minutos)	15	30	45	60	90	120	180	240
Temperatura (°C)	718	821	882	925	986	1029	1090	1133

13.2 MATERIALES

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de los materiales se definen fijando la clase que deben alcanzar conforme a la norma UNE 23 727. Estas clases se denominan: M0, M1, M2, M3 y M4. El número de la denominación de cada clase indica la magnitud relativa con la que los materiales correspondientes pueden favorecer el desarrollo de un incendio.

Los requisitos referentes a materiales se establecen en el artículo 16 con carácter general y en el capítulo 4 para los de equipos e instalaciones. Esta norma básica establece requisitos de comportamiento ante el fuego a los materiales de acabado o de revestimiento, al mobiliario fijo que represente una implantación masiva en locales de determinado uso y a todos aquellos materiales que por su abundancia o su situación, puedan acrecentar la peligrosidad de un incendio.

La clase M0 indica que un material es no combustible ante la acción térmica normalizada del ensayo correspondiente. Un material de clase M1 es combustible pero no inflamable, lo que implica que su combustión no se mantiene cuando cesa la aportación de calor desde un foco exterior. Los materiales de clase M2, M3 y M4 pueden considerarse, de un grado de inflamabilidad moderada, media o alta, respectivamente.

ART. 14 ESTABILIDAD ANTE EL FUEGO EXIGIBLE A LA ESTRUCTURA

La determinación de la estabilidad ante el fuego exigible a la estructura portante de un edificio, podrá realizarse por procedimientos analíticos, o bien adoptando los valores que se establecen en esta norma básica conforme a los criterios siguientes:

- a) Los forjados de piso, junto con las vigas, los soportes y los tramos de escaleras correspondientes que sean recorrido de evacuación tendrán, como mínimo, la estabilidad al fuego EF que se indica en la tabla 1, en función de la máxima altura de evacuación del edificio y del uso del recinto inmediatamente inferior al forjado considerado. Para usos que no figuran en la tabla se procederá por asimilación, teniendo en cuenta la carga de fuego, el grado de compartimentación y los huecos existentes en la fachada.

Se supone que, en caso de incendio, la acumulación de gases a alta temperatura se produce en la parte superior de la planta, afectando en menor grado al suelo de la misma. Por ello, a los forjados de suelo de planta baja de los edificios sin sótanos no se les exige estabilidad al fuego.

Tabla 1
Estabilidad al fuego exigible a los elementos estructurales

Uso del recinto inferior al forjado considerado	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante		
		Máxima altura de evacuación del edificio		
		<15 m	<28 m	>28 m
Vivienda unifamiliar	EF-30	EF-30	-	-
Vivienda, Residencial, Docente, Administrativo	EF-120	EF-60	EF-90	EF-120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	EF-120 (1)	EF-90 (2)	EF-120	EF-180

Estabilidad al fuego exigible

(1)EF-180 si la altura de evacuación del edificio es > 28 m.

(2)EF-120 en edificios de uso Hospitalario con más de tres plantas sobre rasante.

Los valores de la tabla 1 suponen valores usuales de carga de fuego y altura de planta, así como tamaños de sector no mayores que los establecidos en el artículo 4, bajo la hipótesis de que el fuego se produce en el sector cuyo techo es el forjado analizado.

Las zonas en las que se acumulen materiales combustibles en cantidades superiores a lo habitual no quedan cubiertas por los valores establecidos en la tabla 1. En algunos casos, para dichas zonas se exigen, en el artículo 19, valores superiores de estabilidad estructural ante el fuego.

Si los sectores son de menor tamaño o de mayor relación entre la superficie delimitadora y la construida que los valores indicados en el artículo 4, si la carga de fuego es inferior a la ordinaria, y, en particular, para estructuras de edificios de una sola planta, que poseen, por lo general, mucha mayor capacidad de disipación térmica, mediante determinación analítica pueden obtenerse valores menores que los señalados en la tabla 1.

Dicha determinación analítica supone la obtención de la relación temperatura-tiempo que caracteriza el desarrollo previsible de un incendio en un sector considerado. Posteriormente debe comprobarse, conforme al artículo 17, que la estructura es capaz de soportar dicha acción térmica sin que se produzca el colapso.

En coherencia con la compartimentación en sectores de incendio establecida en el artículo 4, el procedimiento analítico debe basarse en la hipótesis de que el incendio puede tener lugar, alternativamente, en cualquiera de los sectores en que esté dividido el edificio, alcanzando el pleno desarrollo dentro del sector afectado. No obstante, cuando un sector analizado comprenda varias plantas comunicadas exclusivamente a través de huecos para escaleras de dimensiones estrictamente ajustadas al desarrollo de las mismas, podrá suponerse que el pleno desarrollo del incendio en dicho sector no afecta a más de tres plantas consecutivas.

El análisis considera en general las acciones simultáneas y los coeficientes de ponderación correspondientes a acción accidental, como los que se toman para acción sísmica.

- b) En edificios exentos, salvo los de uso Hospitalario, las estructuras de cubiertas ligeras no previstas para ser utilizadas en la evacuación de los ocupantes y cuya altura respecto de la rasante exterior no exceda de 28 m, así como los soportes que únicamente sustenten dichas cubiertas, podrán ser EF-30 cuando su fallo no pueda ocasionar daños graves a los edificios o establecimientos próximos, ni comprometer la estabilidad de otras plantas inferiores o la compartimentación de los sectores de incendio.

A tales efectos, puede entenderse como ligera aquella cubierta cuya carga permanente no exceda de 100kg/m^2 .

Para otros tipos de cubierta, la estabilidad al fuego exigible se indica en la tabla 1.

- c) Los elementos estructurales de una escalera protegida que estén contenidos en el recinto de ésta, serán como mínimo EF-30. Cuando se trate de escaleras especialmente protegidas o de escaleras de incendio instaladas en aplicación del artículo 11, a los elementos estructurales no se les exige ninguna estabilidad al fuego.

Se supone que las condiciones de diseño de escaleras protegidas, establecidas en el artículo 10, hacen muy improbable que lleguen a verse severamente afectadas por un incendio.

- d) En los edificios destinados exclusivamente a uso de Garaje o Aparcamiento, los elementos estructurales tendrán como mínimo una estabilidad al fuego EF-90, excepto los de las cubiertas no transitables y los que sustentan dichas cubiertas, que podrán ser EF-30.

En los garajes o aparcamientos para más de 5 vehículos situados en edificios con otro uso, la estructura será como mínimo EF-120.

A los garajes o aparcamientos para más de 5 vehículos les son aplicables las condiciones particulares correspondientes a dicho uso. En cambio, los previstos para albergar 5 vehículos, como máximo, se consideran locales de riesgo bajo y se regulan por el artículo 19.

- e) En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la estabilidad al fuego exigible a edificios de uso Vivienda.
- f) A los elementos estructurales secundarios, tales como los cargaderos o los de las entreplantas de un recinto, no se les exige estabilidad al fuego si su ruina no ocasiona daños a terceros, ni compromete la estabilidad global del conjunto ni la compartimentación en sectores. En otro caso se procederá conforme a los criterios anteriores.

ART. 15 RESISTENCIA AL FUEGO EXIGIBLE A LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

No es perjudicial dotar a la estructura de más estabilidad al fuego que la necesaria, sin embargo sí puede serlo dar más resistencia al fuego que la exigida a ciertos elementos constructivos. La resistencia al fuego en fachadas y cubiertas puede dificultar la disipación térmica, lo que generará la necesidad de aumentar la estabilidad y la resistencia de los elementos interiores al sector incendiado.

Por el contrario, los cerramientos de las fachadas y las cubiertas de poca masa y gran aislamiento térmico, pueden aumentar los efectos del incendio.

15.1 ELEMENTOS DE COMPARTIMENTACIÓN EN SECTORES DE INCENDIO

1. Los forjados que separan sectores tendrán una resistencia al fuego (RF) al menos igual a la estabilidad al fuego (EF) que les sea exigible conforme al artículo 14.

G.15.1.1 Uso Garaje o Aparcamiento

Se admite que la compartimentación en sectores de incendio a la que se hace referencia en el artículo G.4.1 se realice con elementos móviles de compartimentación que sean PF-30, que cuenten con un dispositivo de cierre automático conectado al sistema de detección cuya actuación se realice por medio mecánico (resorte o contrapeso), por gravedad o por un sistema equivalente y que disponga de puerta abatible sobre eje vertical con mecanismo de fácil apertura manual, de 0,80 m de anchura y 1,90 m de altura, como mínimo.

C.15.1.1 Uso Comercial

Cuando se compartimenten sectores de incendio mediante elementos móviles, éstos deben cumplir las mismas condiciones de resistencia al fuego exigidas a los elementos fijos y además las siguientes:

- a) En caso de incendio, su función de compartimentación debe quedar garantizada mediante un sistema automático que desplace al elemento en sentido horizontal hasta su completo cierre, con una velocidad no mayor que 600 mm/s ni menor que 150 mm/s. Dicho sistema debe accionarse automáticamente por una instalación de detección y alarma de incendios activada por detectores de humo.
- b) El sistema de cierre automático contará con una fuente propia de suministro eléctrico alternativa de la principal, controlada eléctricamente, capaz de reemplazar a dicha fuente principal con un retardo de 10 s, como máximo, y que permita realizar 50 operaciones de cierre del elemento, como mínimo.
- c) El elemento debe admitir su apertura y cierre manual desde ambos lados, por un procedimiento sencillo que no requiera ningún conocimiento o dispositivo especial. La fuerza necesaria para poner en movimiento al elemento no podrá ser mayor que 130 N y la necesaria para desplazarlo no podrá ser mayor que 65 N, en general, ni mayor que 220 N cuando sobre el elemento actúe una fuerza de 1.100 N perpendicular al mismo y junto al dispositivo de accionamiento manual.
- d) El sistema de cierre automático debe ser capaz de detectar la existencia de obstáculos o de condiciones desfavorables que dificulten dicho cierre, de interrumpir el mismo hasta que dichas condiciones hayan desaparecido y de reiniciarlo posteriormente. Dicha interrupción debe ir unida a la emisión de una alarma sonora, audible tanto en el entorno del elemento como en la central de control y señalización del sistema de detección.
- e) Los dispositivos de apertura manual y automática deben quedar anulados cuando la temperatura en cualquiera de los lados del elemento sea mayor que 250 °C.
- f) Todos los componentes del sistema de cierre estarán protegidos frente a la acción del fuego por elementos RF-120.
- g) La línea sobre la que se efectúe el cierre del elemento carecerá de obstáculos y

estará marcada en el suelo de forma clara, permanente y similar a la utilizada para marcar los pasillos fijos de evacuación, conforme al apartado C.8.2.b).

Debe advertirse que, aunque los elementos compartimentadores citados han de cumplir las condiciones de seguridad que se establecen en este apartado, dichos elementos no pueden ser considerados como salidas de recinto o de planta, en virtud de lo establecido en el apartado 8.1.a).

2. Los dos valores de la resistencia al fuego (RF) de una pared que separa dos sectores contiguos se determinan, suponiendo alternativamente que cada una de sus dos caras está expuesta al fuego, y tomando en cada caso la estabilidad al fuego (EF) exigida, conforme al artículo 14, a los soportes o los muros de carga contenidos en el sector al que pertenece la cara que se supone expuesta al fuego.
3. Se considera que las paredes de las escaleras son elementos de compartimentación en sectores de incendio cuando sean RF-120, como mínimo.

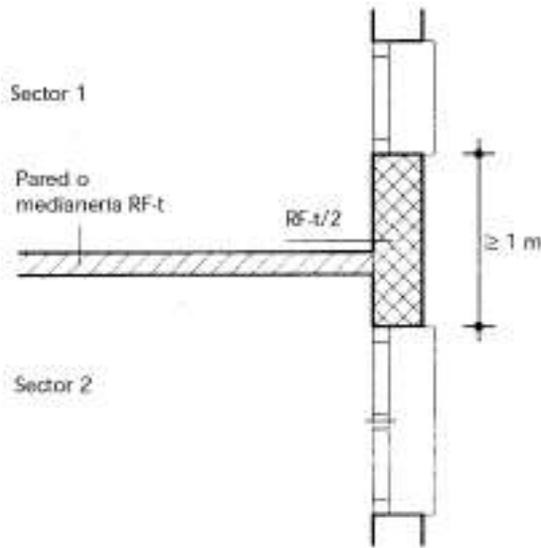
15.2 Medianerías y fachadas

1. Toda medianería o muro colindante con otro edificio será como mínimo RF-120.
2. Cuando una medianería, un forjado o una pared que compartimente sectores de incendio o que delimiten un local de riesgo especial alto de los definidos en el artículo 19, acometan a una fachada, la resistencia al fuego de ésta será al menos igual a la mitad de la exigida al elemento de que se trate, en una franja cuya anchura sea igual a 1 m.

Cuando el elemento acometa en un quiebro de la fachada y el ángulo formado por los dos planos exteriores de la misma sea menor que 135° la anchura de la franja será como mínimo de 2 m.

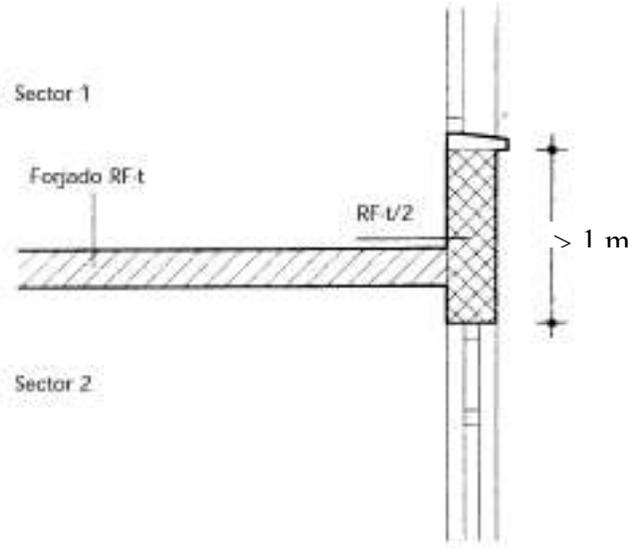
La anchura de esta franja debe medirse sobre el plano de la fachada y, en caso de existir elementos salientes que impidan el paso de las llamas, la anchura podrá reducirse en la dimensión del citado saliente.

La franja resistente al fuego definida en el articulado se exige para impedir la propagación del incendio por fachada y para garantizar la independencia de los sectores.



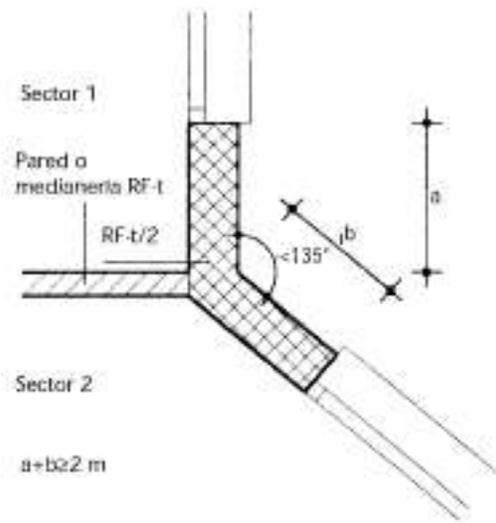
Planta

Encuentro de una pared o medianería con la fachada

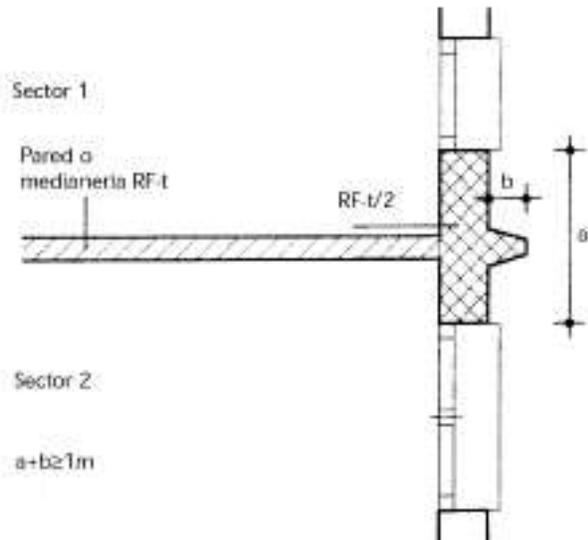


Sección

Encuentro de un forjado con la fachada



Planta

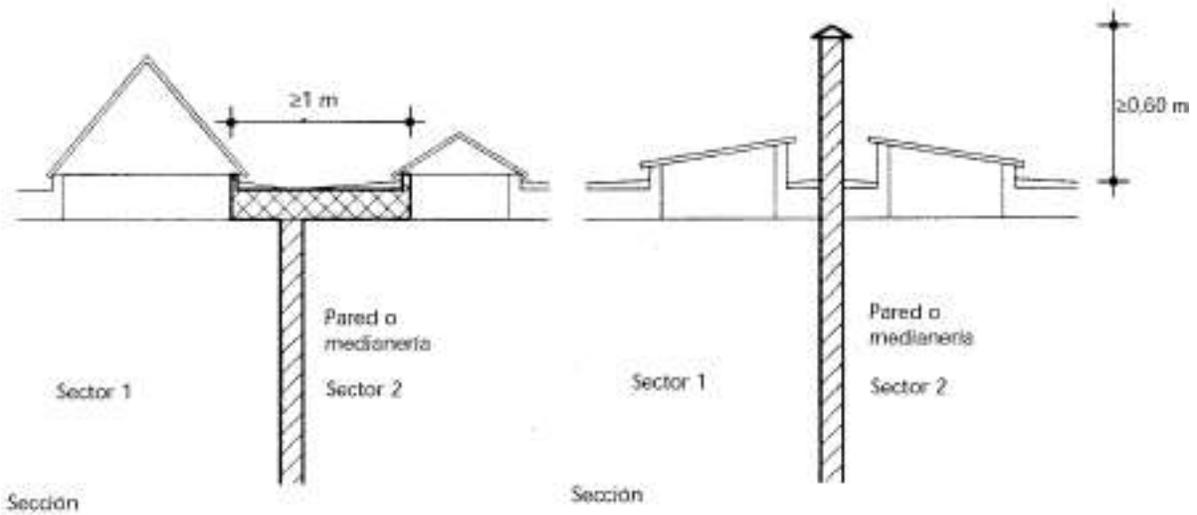


Planta

15.3 CUBIERTAS

1. Las zonas de cubierta plana destinadas a cualquier actividad, y las previstas para ser utilizadas en la evacuación del edificio, tendrán una resistencia al fuego (RF) al menos igual a la de estabilidad al fuego (EF) exigida al forjado, conforme al artículo 14.
2. Cuando una medianería o un elemento de compartimentación en sectores acometa a la cubierta, la resistencia al fuego de ésta será al menos igual a la mitad de la exigida al elemento de

que se trate, en una franja cuya anchura sea igual a 1 m. No obstante, si la medianería o el elemento compartimentador se prolongan por encima del acabado de la cubierta 0,60 m o más, no es necesario que la cubierta cumpla la condición anterior.



3. La distancia mínima medida en proyección horizontal entre una ventana y un hueco o lucernario de una cubierta será mayor que 2,50 m cuando dichos huecos y ventanas pertenezcan a sectores o a edificios diferentes y la distancia en vertical entre ellos sea menor que 5 m.

V.15.3 Uso Vivienda

Las exigencias de resistencia al fuego de medianerías, fachadas y cubiertas, establecidas en el punto 2 del apartado 15.2 y en los puntos 2 y 3 del apartado 15.3 solamente serán aplicables cuando las zonas destinadas a usos distintos del de Vivienda superen los límites de superficie establecidos en el apartado 7.1.7.

La excepción que presenta el articulado pretende que la existencia en un edificio de uso Vivienda de un establecimiento de pequeña superficie con uso distinto no obligue a modificar la fachada, o la medianería o la cubierta.

15.4 ELEMENTOS DE PARTICIÓN INTERIOR

Los elementos de partición interior, excluidas las puertas de paso y los registros, cumplirán las condiciones siguientes:

- a) Las paredes que separan una vivienda de otra, las que separan una habitación de otra en hoteles, residencias y centros hospitalarios, así como las que separan los citados recintos de pasillos, de zonas comunes o de otros locales, serán como mínimo RF-60.
- b) Las paredes que delimitan pasillos y escaleras protegidos, tanto interiores como abiertos al exterior, serán como mínimo RF-120.

En pasillos o escaleras abiertas al exterior, la exigencia del articulado se refiere a los paramentos que separan la escalera o el pasillo del interior del edificio.

- c) Las paredes de los vestíbulos serán como mínimo RF-120, excepto las de los vestíbulos previos que se dispongan como paso entre dos sectores contiguos, las cuales tendrán al menos la resistencia al fuego exigible a sus elementos de compartimentación.
- d) Las paredes de las cajas de aparatos elevadores que comuniquen sectores y que no estén contenidos en recintos de escaleras protegidas serán, como mínimo, RF-120.

R.15.4 Uso Residencial

Las paredes de los oficios de planta y sus puertas serán, como mínimo, RF-60 y RF-30, respectivamente.

C.15.4 Uso Comercial

Los elementos que separen entre sí los diferentes establecimientos integrados en un centro comercial serán, como mínimo, RF-60.

Cuando se trate de la pared de un establecimiento que deba constituir un sector de incendio diferenciado o que separe, además de a dos establecimientos, a dos sectores de incendio del centro comercial, dicha pared puede requerir una resistencia al fuego superior a la exigida en este apartado (véanse los artículos 4 y 15).

15.5 PUERTAS DE PASO Y TAPAS DE REGISTRO**15.5.1 Puertas de paso entre sectores de incendio**

Las puertas de paso entre dos sectores de incendio tendrán una resistencia al fuego al menos igual a la mitad de la exigida al elemento que separa ambos sectores de incendio, o bien a la cuarta parte de la misma cuando el paso se realice a través de un vestíbulo previo.

15.5.2 Puertas de paso a pasillos protegidos, a escaleras protegidas y a escaleras especialmente protegidas

Las puertas de paso a un pasillo protegido o a una escalera protegida serán RF-60, como mínimo. Las puertas de paso a una escalera especialmente protegida desde su vestíbulo previo serán PF-30, como mínimo, y las restantes puertas de dicho vestíbulo serán RF-30, como mínimo.

15.5.3 Puertas de paso a locales o a zonas de riesgo especial

Las puertas de paso a un local o a una zona de riesgo especial serán RF-60, como mínimo. Cuando dicho paso se realice desde un vestíbulo previo serán RF-30, como mínimo, al igual que las restantes puertas del vestíbulo previo.

15.5.4 Tapas de registro de los patinillos de instalaciones

Las tapas de registro de las cámaras, patinillos o galerías de instalaciones tendrán una resistencia al fuego al menos igual a la mitad de la exigida al elemento delimitador del mismo, o bien a la cuarta parte cuando al registro se acceda desde un vestíbulo previo. En el segundo caso, las puertas de acceso al vestíbulo tendrán una resistencia al fuego al menos igual a la exigida a la tapa del registro.

En la tabla siguiente se indica la resistencia al fuego exigible a las tapas de los registros de las cámaras, patinillos y galerías de instalaciones, conforme al texto articulado (apartados 15.5.4 y 18.1)

Tipo de cámara, patinillo o galería de instalaciones	Al elemento compartimentador atravesado	Resistencia al fuego exigible		
		A los elementos delimitadores de la cámara, patinillo o galería	A las tapas de registro	
			Si no están situadas en un vestíbulo previo	Si están situadas en un vestíbulo previo
Con instalaciones susceptibles de originar o transmitir un incendio	RF-180 RF-120 RF-90 RF-60	RF-180 RF-120 RF-90 RF-60	RF-90 RF-60 RF-45 RF-30	RF-45 RF-30 RF-30 RF-15
Sin instalaciones susceptibles de originar o transmitir un incendio	RF-180 RF-120 RF-90 RF-60	RF-90 RF-60 RF-45 RF-30	RF-45 RF-30 RF-30 RF-15	RF-30 RF-15 RF-15 RF-15

15.5.5 Sistemas de cierre

Las puertas resistentes al fuego o parallamas deben estar provistas de un sistema que las cierre automáticamente tras su apertura, el cual puede actuar permanentemente o sólo en caso de incendio.

Las puertas cuyo sistema de cierre actúa permanentemente pueden estar dotadas de un mecanismo para mantenerlas abiertas; en tal caso la acción de dicho mecanismo debe anularse de forma automática cuando se produzca un incendio, bien por la acción directa del mismo, o bien cuando reciba una señal desde un sistema de detección y debe permanecer anulada, al menos, mientras duren el incendio o la señal. Estas puertas deben poder liberarse manualmente de la acción de dicho mecanismo.

R.15.5 Uso Residencial

En los establecimientos cuya superficie construida sea mayor que 400 m² las puertas de las habitaciones destinadas a alojamiento serán, como mínimo, RF-30.

De acuerdo con el apartado 15.5, toda puerta resistente al fuego debe contar con un sistema de cierre automático.

15.6 ENCUENTRO ENTRE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

El valor de la resistencia al fuego exigido a cualquier elemento que separe dos espacios, deberá mantenerse a través de todo recorrido que pueda reducir la función exigida a dicha separación, tal como cámaras, falsos techos, suelos elevados y encuentros con otros elementos constructivos.

ART. 16 CONDICIONES EXIGIBLES A LOS MATERIALES

16.1 MATERIALES DE REVESTIMIENTO EN RECORRIDOS DE EVACUACIÓN

Los materiales utilizados como revestimiento o acabado superficial en pasillos, escaleras y en las zonas por las que discurran los recorridos de evacuación, deben pertenecer a la clase indicada en la tabla 2, o a una más favorable.

Tabla 2
Clase de reacción admisible en los materiales de revestimiento

Tipos de recorrido de evacuación	Revestimientos de suelos	revestimiento de paredes y techos
Recorridos en recintos protegidos	M2	M1
Recorridos normales:		
—en uso Hospitalario	M2	M1
—en otros usos	M3	M2
Clase de reacción al fuego		

No se establecen en el articulado restricciones a elementos lineales como cantoneras, tapajuntas, pasamanos o rodapiés, ni puntuales, como topes, apliques, rótulos, etc.

16.2 MATERIALES INCLUIDOS EN PAREDES Y CERRAMIENTOS

Cuando un material que constituya una capa contenida en el interior de un suelo, pared o techo sea de una clase más desfavorable que la exigida al revestimiento de dichos materiales constructivos, la capa o conjunto de capas situadas entre este material y el revestimiento serán, como mínimo, RF-30.

16.3 OTROS MATERIALES

Los materiales situados en el interior de falsos techos o suelos elevados, tanto los utilizados para aislamiento térmico y para acondicionamiento acústico, como los que constituyan o revistan conductos de aire acondicionado y ventilación, deben pertenecer a la clase M1, o a una más favorable.

R.16.3 Uso Residencial

Los materiales utilizados como revestimiento o acabado superficial en las habitaciones destinadas a alojamiento tendrán una clasificación igual o más favorable que M3, en el caso de suelos y que M2 en paredes y techos. Los cortinajes y otros elementos suspendidos de decoración tendrán una clase M1.

ART. 17 JUSTIFICACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ANTE EL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y DE LOS MATERIALES.

17.1 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

1. La justificación de que el comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo satisface las condiciones de resistencia al fuego establecidas en esta norma básica, podrá realizarse mediante alguno de los procedimientos siguientes:

- a) Contraste con los valores fijados en el Apéndice 1.
- b) Marca de Conformidad a normas UNE, Sello o Certificado de Conformidad con las especificaciones técnicas de esta norma básica. En tanto no existan estos distintivos, se admitirán los ensayos realizados según las normas UNE indicadas en el Apéndice 3 para cada elemento constructivo.
- c) Aplicación de un método de cálculo teórico-experimental, conforme a lo establecido en el apartado 3.3.

Pueden aplicarse los métodos que recomiende la Comisión Permanente de las Condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios. Para determinar la estabilidad al fuego de los elementos estructurales de acero protegidos, se considera adecuado el método desarrollado en la norma UNE 23-820.

Si la determinación del comportamiento ante el fuego exigible a los elementos constructivos se ha realizado por un procedimiento analítico a partir del desarrollo previsible de un incendio y, en cambio, la comprobación de que dichos elementos cumplen las condiciones requeridas se quiere realizar mediante las opciones a) o b) indicadas en el articulado, es preciso obtener el tiempo equivalente de acción térmica normalizada conforme a UNE 23 093 que reproduciría la peor situación por la que atraviesa el elemento.

2. En cualquiera de las alternativas anteriores la comprobación del comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo se realizará suponiendo que se encuentra en las mismas condiciones constructivas que en el edificio y considerando las caras de dicho elemento que puedan verse afectadas por el incendio.

En la comprobación pueden tomarse en consideración los revestimientos y acabados junto con el elemento, siempre que su función quede explícitamente definida en la documentación a que se refieren, tanto el artículo 3 como, en su caso, el apartado c) anterior.

Debe tenerse en cuenta que, conforme a lo establecido en el artículo 14, para vigas, forjados y tramos de escalera, debe considerarse la acción del fuego por su parte inferior.

Como la norma básica sólo establece exigencias para unos valores discretos, resulta útil que los documentos que recojan los resultados de ensayo ofrezcan el resultado redondeado al valor inferior. No obstante, es recomendable que el informe recoja los valores exactos de tiempo en los que se incumplen las condiciones a), b), c) y d) definidas en el apartado 13. 1, de forma que el usuario pueda componerlos con otra información, o conocer el comportamiento del elemento ensayado para otra función diferente.

En conveniente para elementos estructurales, que los informes del laboratorio describan pares de valores tiempo-carga, o tiempo-dilatación, y los valores de la temperatura alcanzada en el interior del elemento, con objeto de determinar posteriormente su comportamiento con algún método teórico, por ejemplo por referencia a la temperatura que resulte crítica para el elemento en cuestión.

En general, para poder ser significativos, los datos o resultados de ensayo de elementos estructurales deben hacer referencia a la carga y sustentación; todo elemento estructural sobredimensionado soporta mejor el incendio que con dimensionado estricto.

17.2 MATERIALES

1. La justificación de que un material alcanza la clase de reacción exigida se llevará a cabo mediante Marca de Conformidad a normas UNE, Sello o Certificado de Conformidad con las especificaciones técnicas de esta norma básica. En tanto no existan estos distintivos, se admitirán los ensayos realizados según las normas UNE indicadas en el Apéndice 3.

Los materiales de construcción pétreos, cerámicos y metálicos, así como los vidrios, morteros, hormigones y yesos se consideran de clase M0.

2. Los materiales textiles se someterán a envejecimiento previo coherente con su uso, antes de obtener su clase de reacción al fuego, conforme al procedimiento definido en la norma UNE 23-735. Parte 2. Esta circunstancia se mencionará explícitamente en los documentos que recojan los resultados de los ensayos.

17.3 VALIDEZ DE LOS DOCUMENTOS JUSTIFICATIVOS

1. Las Marcas de conformidad a normas UNE, Sellos y Certificados de Conformidad con las especificaciones técnicas de esta norma básica que avalen la clase de reacción al fuego de los materiales de construcción y el comportamiento ante el fuego de los elementos constructivos serán concedidos por organismos de control, según lo establecido en el Real Decreto 1630/1992, de 29 de diciembre.

2. Los ensayos de tipo necesarios para justificar el comportamiento ante el fuego de los elementos constructivos y de los materiales exigidos en esta norma básica, deben realizarse por laboratorios que cumplan al menos los requisitos que establece el Real Decreto 1630/1992, de 29 de diciembre y que estén acreditados para realizar estos ensayos por una entidad de acreditación oficialmente reconocida. Dichos laboratorios estarán reconocidos en el ámbito del control de calidad de la edificación por el Ministerio de Fomento. En los documentos que emitan dichos laboratorios figurarán los resultados de los ensayos y las clasificaciones correspondientes. Las características de los productos comercializados se ajustarán a las de las muestras de los mismos sometidas a ensayo de tipo.

- 3.** Los documentos que recogen los resultados de los ensayos necesarios para justificar el cumplimiento de las exigencias establecidas en esta norma básica, podrán ser los aportados por los fabricantes o importadores, con carácter genérico, para los materiales o los elementos constructivos, o bien obtenerse mediante ensayos realizados específicamente para una aplicación concreta en una obra.
- 4.** En el momento de su presentación, los documentos de ensayo deberán tener una antigüedad menor que 5 años cuando se refieran a la reacción al fuego de los materiales y menor que 10 años cuando se refieran a la resistencia al fuego de elementos constructivos y los ensayos se hayan realizado tras la entrada en vigor de esta norma básica o bien durante los 5 años anteriores.
- 5.** En el caso de productos (materiales y elementos constructivos) provenientes de países que sean parte del acuerdo del Espacio Económico Europeo, éstos estarán sujetos a lo previsto en el Real Decreto 1.630/1992 de 29 de diciembre, por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, los productos estarán sujetos a lo dispuesto en el artículo 9 del citado Real Decreto.

B.3.2 RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS (ref. 23)

En las tablas siguientes figuran los grados de resistencia al fuego de los muros y de los tabiques de una hoja, sin revestir y enfoscados con mortero de cemento o guarnecidos con yeso, con espesores de 1,5 cm, como mínimo.

Para soluciones constructivas con dos o más hojas pueden adoptarse como resistencia al fuego del conjunto, la suma de los valores correspondientes a cada hoja.

Tabla 1

Resistencia al fuego de muros de hormigón sin revestir

Espesor del muro en cm	10	12	14	16	20	25	>30
Resistencia al fuego (RF)	60	90	120	180	180	240	240

Tabla 2

Resistencia al fuego de muros y tabiques de fábrica de ladrillo cerámico o sílico-calcareo

Tipo de revestimiento		Espesor de la fábrica en cm				
		Con ladrillo hueco			Con ladrillo macizo	
		4 a 6	8 a 10	11 a 12	11 a 12	20 a 24
Sin revestir		[1]	[1]	[1]	180	240
Enfoscado	Por la cara expuesta al fuego	15	60	90	180	240
	Por las dos caras	30	90	120	180	240
Guarnecido	Por la cara expuesta al fuego	60	120	180	240	240
	Por las dos caras	90	180	240	240	240

[1] No es usual

Tabla 3**Resistencia al fuego de muros y tabiques de fábrica de bloques de hormigón**

Tipo de cámara	Tipo de árido	Tipo de revestimiento	Espesor nominal en cm	Resistencia al fuego (RF)
			10	15
	Silíceo	Sin revestir	15	60
			20	120
	Calizo	Sin revestir	10	60
			15	90
			20	180
Simple		Sin revestir	12	120
			20	180
	Volcánico	Guarnecido cara expuesta al fuego	12	120
		Guarnecido dos caras	9	180
		Guarnecido cara expuesta al fuego y enfoscado cara exterior	12	180
			20	240
	Arcilla expandida	Sin revestir	20	120
Doble	Arcilla expandida	Sin revestir	20	240
Triple	Silíceo	Sin revestir	25	240

La determinación de la resistencia al fuego de los elementos estructurales puede realizarse conforme a lo establecido en los siguientes documentos del Comité Europeo de Normalización (CEN):

- Para estructuras de hormigón: ENV 1992-1-2: 1995. Eurocódigo 2: Diseño de estructuras de hormigón. Parte 1-2: Resistencia al fuego.
- Para estructuras de acero: ENV 1993-1-2: 1995. Eurocódigo 3: Diseño de estructuras de acero. Parte 1-2: Resistencia al fuego.
- Para estructuras mixtas: ENV 1994-1-2: 1994. Eurocódigo 4: Diseño de estructuras mixtas. Parte 1-2: Resistencia al fuego.
- Para estructuras de madera: ENV 1995-1-2: 1994. Eurocódigo 5: Diseño de estructuras de madera. Parte 1-2: Resistencia al fuego.
- Para estructuras de fábrica: ENV 1996-1-2: 1995. Eurocódigo 6: Diseño de estructuras de fábrica. Parte 1-2: Resistencia al fuego.

Los documentos anteriores pueden obtenerse en AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación).

ANEXO C

C.1 Combustión espontánea. (ref. 27)

Tabla C.1.1: Temperatura de autoignición.

Material	T° (°C)	Material	T° (°C)
Acetaldehído	175	Diciclopentadieno	503
Acetato de etilo	427	1,3 - Diclopropeno	-
Acetato de isopropilo	460	1,1 - Cicloroetano	438
Acetato de metilo	454	1,2 - Dicloroetileno	460
Acetato de vinilo	402	Dicloruro de etileno	413
Acetato de iso amílico	360	Dicloruro de propileno	557
Acetileno	305	Dietilamina	312
Acetona	465	Dietiléter	160
Acetonitrilo	524	Di - Isobutileno	391
Ácido cianhídrico	538	Di - Isopropilamina	316
Acetato selenhídrico	-	Dimetilamina	400
Ácido sulfhídrico	260	1,4 - Dioxano	180
Acrilato de etilo (inhibido)	372	Di - n -propilamina	299
Acrilato de metilo	468	Disulfuro de carbono	90
Acrilato isobulítico	427	Epiclorohidrina	411
Acrilonitrilo	481	Estireno	490
Acroleína (inhibida)	235	Etano	472
Alcohol alílico	378	Etanol	363
Alcohol isoamílico	350	Éter isopropil - glicídico	-
n-Amilacetato	360	Éter isopropílico	443
Amilacetato sec	-	Éter metílico	350
Amoníaco	498	Etilamina	385
Benceno	560	Etilbenceno	432
1,3 - Butadieno+	420	Etilenimina	320
Butano	288	Etileno	450
1 - Butanol	343	Etil - mercaptano	300
2 - Butanol	405	n - Etil - morfolina	-
n - Butilacetato	421	Formaldehído (gaseoso)	429
iso - butilacetato	421	Formato de etileno	455
Butilacetato sec.	-	Gases de ciudad (con más de 30% de H en vol.)	-
Butilamina	312	Gases licuados del petróleo	405 - 450
Butileno	385	Gasolina	280 - 471
Butil - mercaptano	-	Heptano	204
n - Butiraldehído	218	Hepneno	260
Ciclohexano	245	Hexano	225
Cicñlohexeno	244	2 - Hexanona	424
Ciclopropano	503	Hexenos	245
Clorobenceno	593	Hedracina de dimetilo asimétrica (UDMH)	249
Cloropreno	-	Hidrógeno	400
Cloruro alílico	485	Isobutiraldehído	196
Cloruro de etilo	519	Isocianato de metilo	534
Cloruro vinilideno	570	Isopreno	395
Cloruro de vinilo	472	Isopropilamina	402
Crotonaldehído	232	Mercaptano de metilo	-
Diamina etilénica	385	Metacrilato de metilo	422

Tabla C.1.1: Temperatura de autoignición (continuación)

Material	T° (°C)	Material	T° (°C)
Metano	537	Naftas (de petróleo)	288
Metanol	385	Nitrato de propilo	175
Metilacetileno	-	Nitroetano	414
Metilacetileno - propadieno (estabilizado)	-	Nitrometano	418
Metilamina	430	Nonano	205
Metilciclohexano	250	Noneno	-
Metil - etil - cetona	404	Octano	206
Metilformal	238	Octeno	230
Metilformato	449	Óxido de etileno	429
Metil - isobutil -cetona	440	Óxido de propileno	449
2 - Metil - 1 - propanol	416	Óxido mesitílico	344
2 - Metil - 2 - propanol	478	Pentano	243
Monometil - hidracina	194	1 - Pentanol	300
Mopnóxido de carbono	609	2 - Pentanona	452
		1 - Penteno	275

Tabla C.1.2: Materias sujetas a combustión espontánea.

Nombre	Tendencia a la combustión espontánea	Modo usual de envase para transporte y almacenaje	Precauciones contra la combustión espontánea	Observaciones
Aceite de ballena	Moderada	Barriles y vagones cisterna	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias fibrosas combustibles.	Las materias fibrosas impregnadas pueden entrar en combustión si no se ventilan. La tendencia varía según el origen del aceite.
Aceite de cacahuete	Baja	Barriles de madera, latas de estaño	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias fibrosas combustibles.	Las materias fibrosas impregnadas pueden entrar en combustión si no se ventilan. La tendencia varía según el origen del aceite.
Aceite de coco	Muy ligera	Bidones, latas y frascos	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias combustibles fibrosas.	Solamente es peligroso si se impregnan otras materias textiles.
Aceite de hígado de bacalao	Alta	Bidones, botes y frascos	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias combustibles fibrosas. .	Las materias orgánicas impregnadas son muy peligrosas.
Aceite de linaza	Alta	Vagones cisterna, bidones, botes. y frascos.	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias fibrosas combustibles.	Los trapos o telas impregnados con este aceite son muy peligrosos. Evítase amontonarlos, etc. Guárdense en recipientes cerrados, preferiblemente de metal.
Aceite de maíz	Moderada	Barriles y vagones cisterna	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias combustibles fibrosas.	No es probable una combustión peligrosa de las harinas, etc., a no ser que estén almacenadas en caliente en grandes montones.
Aceite de Menhaden	Entre moderada y alta	Barriles, bidones y vagones cisterna	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias fibrosas combustibles.	Peligrosa la impregnación de productos fibrosos.
Aceite de mostaza negro	Baja	Barriles	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias fibrosas combustibles.	Evítase la contaminación de productos fibrosos combustibles.
Aceite de oliva	Entre moderada y baja	Vagones, cisternas, bidones, latas, frascos	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias fibrosas combustibles.	Las materias fibrosas impregnadas pueden entrar en combustión si no están ventiladas. La tendencia varía según el origen del aceite.
Aceite de palma	Baja	Barriles de madera	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias fibrosas combustibles.	Los materiales fibrosos impregnados pueden entrar en combustión si no se ventilan. La tendencia varía según el origen del aceite.
Aceite de perilla	De moderada a alta	Latas de estaño y barriles	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias fibrosas combustibles.	Las materias fibrosas impregnadas pueden entrar en combustión si no se ventilan. La tendencia varía según el origen del aceite.
Aceite de pescado	Alta	Barriles, bidones y vagones cisterna	Evítase 61 contactos de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias fibrosas combustibles.	Los materiales fibrosos o porosos impregnados son muy peligrosos. La tendencia a calentarse de los distintos aceites de pescado varía según su origen.
Aceite de pino	Moderada	Frascos y bidones	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias fibrosas combustibles	Las materias fibrosas impregnadas pueden entrar en combustión si no se ventilan. La tendencia varía según el origen del aceite.
Aceite de ricino	Muy ligera	Barriles de metal, botes de metal dentro de cajas de madera	Evitar el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otros materiales fibrosos combustibles	Es posible la combustión de telas impregnadas situadas en pilas mal ventiladas
Aceite rojo	Moderada	Botellas de cristal, barriles de madera	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias fibrosas combustibles.	Las materias fibrosas o porosas impregnadas son extremadamente peligrosas. La tendencia varía según el origen del aceite.
Aceite de semilla de algodón	Moderada	Barriles y vagones cisterna	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias combustibles fibrosas.	El material saturado puede entrar en combustión si se encuentra en montones mal ventilados.
Aceite de soja	Moderada	Botes de estaño, barriles y vagones cisterna	Evítase el contacto con trapos, algodones u otras materias fibrosas	Las materias fibrosas impregnadas pueden entrar en combustión a no ser que se ventilen.
Aceite de tung	Moderada	Botes de estaño, barriles y vagones cisterna	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias fibrosas combustibles.	Las materias fibrosas impregnadas pueden entrar en combustión si no se ventilan. La tendencia varía según el origen del aceite.
Acido oléico	Muy ligera	Frascos de cristal y barriles de madera	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias fibrosas combustibles.	Las materias fibrosas impregnadas pueden entrar en combustión a no ser que se ventilen.

Tabla C.1.2: Materias sujetas a combustión espontánea (continuación).

Nombre	Tendencia a la combustión espontánea	Modo usual de envase para transporte y almacenaje	Precauciones contra la combustión espontánea	Observaciones
Cacahuetes sin cáscara	Muy ligera o despreciable	Sacos de papel, latas, cajas de tableros de fibras o sacos de yute	Manténgase fresco y seco.	Evítese la contaminación de trapos, etc., con aceite.
Cal sin apagar (óxido de calcio, cal en grano, cal viva)	Moderada	Sacos de papel, barriles de madera y a granel	Manténgase seca. Evítese su cargamento estando caliente.	La cal húmeda puede calentarse lo suficiente para, iniciar la combustión de los envases de madera, etc.
Carbón bituminoso	Moderada	A granel	Póngase en montones pequeños. Evítese las altas temperaturas.	La tendencia a la combustión depende del origen y de la naturaleza de los carbones. Los muy volátiles son especialmente susceptibles a la combustión.
Carbón vegetal	Alta	A granel o en sacos	Manténgase seco. Ventilase.	El carbón de maderas duras debe prepararse y añejarse con cuidado. Evítese su humedecimiento y posterior secado.
Cascarilla roja de cacahuete	Alta	Sacos de papel, latas, cajas de tableros de fibras y sacos de arpillera	Evítese el almacenamiento en lugar mal ventilado.	Esta es la cascarilla que hay entre la cáscara exterior y el grano, mismo. Almacénese en sitios bien ventilados.
Cereales (varias clases)	Muy ligera	A granel y en sacos	Evítese las humedades extremas.	Los granos molidos pueden recalentarse si están húmedos y calientes.
Copra	Ligera	A granel	Manténgase fresca y seca.	Es posible la combustión en condiciones de calor y humedad.
Cueros	Muy ligera	Bultos	Manténganse secos y frescos.	Las bacterias de los cueros sin tratar pueden iniciar una combustión.
Desperdicios de lana	Moderada	A granel o en balas, etc.	Manténganse en lugares frescos y ventilados o guárdense en recipientes bien cerrados. Evítese el exceso de humedad.	La mayor parte de los desperdicios de lana contienen aceites procedentes de la maquinaria en que se han procesado que son susceptibles de combustión estando almacenados. Los desperdicios de lana' húmedos son muy susceptibles a la combustión espontánea y a la posible ignición.
Desperdicios de papel	Moderada	Balas	Manténgase seco y ventilado.	El papel húmedo entra en combustión, ocasionalmente si se almacena en lugares calientes.
Desechos de pescado	Alta	A granel y en sacos	Evítese las humedades extremas.	Los desperdicios cargados o almacenados antes de su enfriamiento son muy susceptibles a la combustión.
Desperdicios grasos no comestibles	Variable	A granel	Evítese los contenidos extremos de humedad. No se carguen ni se almacenen estando calientes.	Los residuos muy húmedos entran en combustión frecuentemente. Esta tendencia es más pronunciada si se cargan o almacenan antes de enfriarlos.
Estiércol	Moderada	A granel	Evítese un contenido de humedad demasiado bajo. Ventilense los montones.	Evítese el almacenamiento o el cargamento de estiércol sin enfriar.
Fertilizantes mixtos sintéticos que contengan nitratos y otras materias orgánicas.	Moderada	A granel y en sacos.	Evítese los ácidos libres en su preparación.	Asegúrese la ventilación durante el proceso de curado colocándolo en montones pequeños o por medio de corrientes artificiales. Si se almacena en sacos, proporciónese espacio de ventilación entre los mismos.
Fertilizantes orgánicos, inorgánicos o combinados	Moderada	A granel y en sacos.	Evítese los contenidos en humedad demasiado altos o bajos.	Los fertilizantes orgánicos que contengan nitratos deben prepararse cuidadosamente para evitar las combinaciones que puedan iniciar un calentamiento.

Tabla C.1.2: Materias sujetas a combustión espontánea (continuación).

Nombre	Tendencia a la combustión espontánea	Modo usual de envase para transporte y almacenaje	Precauciones contra la combustión espontánea	Observaciones
Gomaespuma para productos de consumo	Moderada		De ser posible, quítense los rellenos de goma espuma, etc., de las prendas de vestir que vayan a introducirse en secadores o calentadores. De haberse secado artificialmente las prendas de vestir que contengan partes de goma espuma, deben dejarse enfriar totalmente antes de apilarlas o empaquetarlas. Evítase el contacto de aparatos calefactores, secadores de pelo y otras fuentes de calor como las almohadas de goma espuma, y otros artículos de este mismo material.	La goma espuma puede mantener la capacidad de combustión espontánea después de haber estado sometida a secado artificial, tanto en el hogar como en secadores comerciales y con posterioridad al contacto con otras fuentes de calor. El secado natural no produce combustión espontánea.
Granos secos para destilería con contenido de aceite	Moderada	A granel	Consérvese el contenido de humedad entre el 7 y el 10 por ciento. Enfríase por debajo de los 40°C antes de almacenarlo.	Muy peligroso si el contenido de humedad dada es menor del 5 por ciento.
Granos secos para destilería, sin contenido de aceite	Moderada	A granel	Manténgase el contenido de humedad entre el 7 y el 10 por ciento. Enfríase por debajo de los 40°C antes de almacenarlo.	Muy peligroso si el contenido de humedad está por debajo del 5 por ciento.
Harina de alfalfa	Alta	Sacos y a granel	Evitar la humedad extremada, es esencial su transporte en vagones bien cerrados.	Muchos fuegos atribuidos a combustión espontánea de este material fueron causados probablemente por chispas, pavesas o partículas de metal caliente revueltas con la harina durante su molturación. Los ensayos realizados de esta manera demuestran que el fuego permanece latente y sin llama durante setenta y dos horas antes de hacerse notar.
Harinas de nuez de tung	Alta	Sacos de papel o a granel	Este material debe elaborarse muy cuidadosamente y enfriarse totalmente antes del almacenamiento.	Estas harinas contienen una tendencia muy alta a la combustión. El material también es susceptible a la combustión si está excesivamente seco;
Harina de pescado	Alta	En sacos y a granel	Manténgase el contenido de humedad entre el 6 y el 12 por ciento. Evítase su exposición al calor.	Peligroso si se seca excesivamente o se envasa estando a temperaturas superiores a los 40°C.
Heno	Moderada	A granel y en balas	Manténgase seco y fresco.	El heno húmedo o mal curado seguramente se calentará durante el tiempo cálido. El heno en balas rara vez se calienta peligrosamente.
Huevos en polvo	Muy ligera	Barriles de madera	Evítase las circunstancias que producen el crecimiento bacteriano. Impídase la putrefacción. Manténgase fresco.	Es posible la combustión del polvo en descomposición almacenado.
Ixtle	Muy ligera	A granel y en balas	Manténgase fresco y seco.	La combustión es posible si el material está húmedo, aunque no es probable en condiciones normales. Las fibras parcialmente quemadas o carbonizadas son peligrosas.
Lana mineral	Ninguna	Cajas de cartón, sacos de papel	No es combustible. Si se empaqueta estando caliente puede iniciar la combustión de los envases o de otros materiales combustibles cercanos.	Este material se menciona en esta Tabla solamente porque existe la falsa idea de que se calienta espontáneamente.
Lanolina	Despreciable	Fascos, botes, bidones de metal y barriles	Evítase el contacto de los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias fibrosas combustibles.	Es posible la combustión en materias fibrosas contaminadas.
Piritas de hierro	Moderada	A granel	Evítense los montones demasiado grandes. Manténgase seco y fresco.	La humedad acelera la oxidación de las piritas de pequeña granulometría.
Piritas de hierro	Moderada	A granel	Evítense los montones demasiado grandes. Manténgase seco y fresco.	La humedad acelera la oxidación de las piritas de pequeña granulometría.

Tabla C.1.2: Materias sujetas a combustión espontánea (continuación).

Nombre	Tendencia a la combustión espontánea	Modo usual de envase para transporte y almacenaje	Precauciones contra la combustión espontánea	Observaciones
Prendas de vestir parafinadas	Alta	Cajas de fibras	Séquese perfectamente antes de empaquetarse:	Es peligroso el almacenamiento del material todavía húmedo en montones calientes sin ventilación.
Raspaduras de pintura	Moderada	Barriles y bidones	Evítense montones grandes mal ventilados.	La tendencia a la combustión depende del grado de sequedad de las raspaduras.
Sacos de arpillera usados	Posible	Bultos	Manténgase frescos y secos.	La tendencia a la combustión depende del producto previamente contenido en los sacos. De tratarse de un producto grasiento, podría ser peligroso.
Seda aceitada	Alta	Cajas de fibra y rollos	Ventilase suficientemente.	El material mal secado es peligroso en piezas pequeñas. Los rollos son relativamente seguros.
Semilla de algodón	Baja	En sacos y a granel	Manténgase fresco y seco.	Es posible la combustión si se apila estando húmedo y caliente.
Serrín	Posible	A granel	Evítense el contacto con aceites desecantes. Evítense el almacenamiento en lugar húmedo y caliente.	El serrín parcialmente quemado chamuscado puede ser peligroso.
Sisal	Muy ligera	A granel o en bultos	Manténgase fresco y seco.	El material parcialmente quemado o chamuscado es muy propenso a entrar en ignición espontánea.
Sobrantes de cuero	Muy ligera	Balas y a granel	Evítense la contaminación con aceites desencadenantes.	Los recortes de cuero tratados con aceite pueden entrar en combustión.
Sobrantes, de películas {nitro}	Muy ligera	Bidones o cajas cerradas	La película debe estar adecuadamente estabilizada contra su descomposición.	Las películas de nitrocelulosa entran en ignición a bajas temperaturas. La ignición externa es más probable que la combustión espontánea. Evítense su exposición a chispas, etc.
Tableros para tabicar	Ligera	En paquetes y cajas de cartón	Manténgase el nivel de humedad dentro de los límites de seguridad. Enfríense completamente antes de almacenarlos.	Este material está totalmente libre de combustión espontánea si se manipula adecuadamente.
Telas aceitadas	Alta	Rollos	Ventilase. Séquese perfectamente antes de empaquetarlas.	Las telas mal secadas son muy peligrosas. Los rollos bien compactos son relativamente seguros.
Telas barnizadas	Alta	Cajas	Elabórense con cuidado. Manténganse frescas y ventiladas.	Las telas barnizadas totalmente secas son relativamente seguras.
Trapos	Variable	Balas o bultos	Evítense la contaminación con aceites desecantes. Evítense la carbonización. Manténganse frescos y secos.	La tendencia varía según el uso previo de los trapos. Los trapos parcialmente quemados o carbonizados son peligrosos.
Trapos aceitados	Alta	Balas	Evítense su almacenamiento a granel en lugares abiertos.	Peligrosos estando empapados con aceite desechable.
Trementina (aguarrás)	Baja	Botes de estaño, frascos, y barriles	Evítense el contacto que los posibles derrames con trapos, algodón u otras materias fibrosas combustibles.	Tiene cierta tendencia a entrar en combustión, pero menos que los aceites secantes. Se activa químicamente con compuestos de cloro, lo que puede originar un incendio.
Virutas de metal*	Prácticamente ninguna	A granel	No es probable el calentamiento espontáneo.	Evítense su exposición a las chispas.
Yute	Muy ligera	A granel	Manténgase frío y seco.	Evítense su almacenamiento o carga en pilas calientes y húmedas. El material parcialmente quemado o carbonizado es peligroso.

C.2 Índice de oxígeno de algunas sustancias. (ref. 27)

Tabla C.2.1: Valores del índice de oxígeno.

Material	Índice de oxígeno*	Material	Índice de oxígeno*
metanol	11-12	tereftalato de polietileno	20
benceno	13-16	nylon	20,1-26
azufre	13,6	madera de abedul	20,5
poliacetal	14,9	fibras de poliéster	20,6
polioximetileno	15,7	resina fenólica	21
acetona	16	laminado de papel fenólico	21,7
cera de vela	16	alcohol de polivinilo	22,5
algodón	16-18,5	policarbonato	22,5-28
aceite mineral	16,1	fluoruro de polivinilo	22,6
típica espuma de poliuretano	16,5	abeto rojo	23
acetato de celulosa	16,8	lana	23,8
espuma de estireno-butadieno-goma	16,9	goma de neopreno	26,3-40
espuma de polibutadieno	17,1	fibras de Nómex	26,7-28,5
espuma de goma natural	17,2	fibras modacrílicas	26,8
polimetilmetacrilato	17,3	óxido de polifenileno	29
polietileno	17,4	goma silicona	30
polipropileno	17,4	polisulfona	30-32
poliestireno	17,6-18,3	cuero	34,8
poliacrilonitrilo	18	polvo de carbón	35
papel, filtro de celulosa	18,2	resina fenol-formaldehído	35
polibutadieno	18,3	poliamida	36,5
ABS	18,3-18,8	cloruro de polivinilo	37,1-49
triacetato de celulosa	18,4	fibras de Kynol	38
goma de poliisopropeno	18,5	polibenzoamidazola	40,6-41,5
rayón	18,7-18,9	fluoruro de polivinilideno	43,7
polimetil siloxano (silicona fluida)	18,9	cloruro de polivinilo, clorado	45-60
celulosa	19	negro de carbón	56-63
acetato-butirato de celulosa	19,6	cloruro de polivinilideno	60
resina epoxi	19,8	policlorotrifluoretileno	95
		politetrafluoroetileno	95

*Los valores de esta Tabla se han establecido mediante el Ensayo de Indicadores de Oxígeno de la ASTM (D2863) y representan valores típicos de esos materiales sin tratamientos ignífugantes. Si se tratan los polímeros con materias ignífugantes, puede aumentar considerablemente el valor del Índice de oxígeno.

ANEXO D

D.1 Elementos verticales tradicionales de marca. (ref. 22)

D.2.1 Muros F – 90.

Elemento N°1 :	Muro de albañilería con bloque Dominicó liso
Descripción :	Muro reforzado de albañilería construido con bloques de hormigón lisos hechos a máquina, cuyas dimensiones son 390x140x190(mm). Mortero de pega de dosificación 1:3 cuyo espesor es de 10 mm aproximadamente. El peso nominal de cada bloque es de 14,7 kilogramos Espesor total del muro: 140 mm
Institución :	INDUSTRIAS MULTICRET S. A.

Elemento N°2 :	Muro de albañilería con bloque C. C. Blosec 500-250-150 mm
Descripción :	Muro divisorio o perimetral en edificios, construido en bloques huecos de hormigón Blosec , lisos hechos a máquina, de 500 mm de largo, 150 mm de ancho y 250 mm de alto, para albañilería armada. Mortero de pega de dosificación cemento-arena es de 1:3 . El volumen total del bloque es de 18,75 litros. Vacío interior (hueco) de 4 litros (2 cámaras de 2 litros). La dosificación del bloque es: 30 % arena (0 a 2 mm), 70 % gravilla (3 a 5 mm) y cemento 300 kg/m ³ . Espesor total del muro: 150 mm. El peso nominal de cada bloque es de 20 kilogramos
Institución :	INDUSTRIAS DE BLOQUES COMPRIMIDOS, BLOSEC

D.2.2 Muros F – 120.

Elemento N°1 :	Muro de albañilería con bloque Dehesa Estándar rugoso 19 mm
Descripción :	Muro reforzado de albañilería construido con bloques de hormigón hechos a máquina, cuyas dimensiones son 390x190x190 (mm). Mortero de pega de dosificación 1:3 cuyo espesor es de 10 mm aproximadamente. El peso nominal de cada bloque es de 18,4 kilogramos Espesor total del muro: 190 mm.
Institución :	INDUSTRIAS MULTICRET S.A.

Elemento N°2 :	Muro de albañilería con bloque Dominicó Estándar liso 19 mm
Descripción :	Muro reforzado de albañilería construido con bloques de hormigón hechos a máquina, cuyas dimensiones son 390x190x190 (mm). Mortero de pega de dosificación 1:3 cuyo espesor es de 10 mm aproximadamente. El peso nominal de cada bloque es de 18,7 kilogramos Espesor total del muro: 190 mm.
Institución :	INDUSTRIAS MULTICRET S.A.

Elemento N°3 :	Muro de albañilería con bloque de Cemento Geocret Rústico
Descripción :	Muro reforzado de albañilería construido con bloques huecos de hormigón hechos a máquina, cuyas dimensiones son 400x140x200 (mm). Mortero de pega de dosificación 1:3 cuyo espesor es de 12 mm aproximadamente. El peso nominal de cada bloque es de 14,6 kilogramos Espesor total del muro: 140 mm.
Institución :	CONSTRUCTORA GEOSAL S.A.

Elemento N°4 :	Muro de albañilería con bloque de Cemento Geocret Acústico
Descripción :	Muro reforzado de albañilería construido con bloques huecos de hormigón hechos a máquina, cuyas dimensiones son 400x140x200 (mm). Mortero de pega de dosificación 1:3 cuyo espesor es de 12 mm aproximadamente. El peso nominal de cada bloque es de 13,8 kilogramos. Espesor total del muro: 140 mm.
Institución :	CONSTRUCTORA GEOSAL S. A.

D.2.3 Muros F – 150.

Elemento N°1 :	Muro de albañilería con bloque Arrayán Estándar estriado color 19 mm
Descripción :	Muro reforzado de albañilería construido con bloques de hormigón hechos a máquina, cuyas dimensiones son 390x190x190 (mm). Mortero de pega de dosificación 1:3 cuyo espesor es de 10 mm aproximadamente. El peso nominal de cada ladrillo es de 18,4 kilogramos. Espesor total del muro: 190 mm
Institución :	INDUSTRIAS MULTICRET S.A.

Elemento N°2 :	Muro de albañilería con ladrillo Titán Reforzado Hueco (TRH)
Descripción :	Muro de albañilería construido con ladrillos cerámicos hechos a máquina, cuyas dimensiones son 290x140x71 (mm). Mortero de pega de dosificación 1:3 cuyo espesor es de 18 mm aproximadamente. El peso nominal de cada ladrillo es de 2,6 kilogramos. Espesor total del muro: 140 mm.
Institución :	INDUSTRIAS PRINCESA LTDA.

Elemento N°3 :	Muro de albañilería con ladrillo Hércules
Descripción :	Muro reforzado de albañilería construido con ladrillos cerámicos hechos a máquina, cuyas dimensiones son 290x140x71 (mm). Mortero de pega de dosificación 1:3 cuyo espesor es de 17 mm aproximadamente. El peso nominal de cada ladrillo es de 2,6 kilogramos. Espesor total del muro: 140 mm.
Institución :	CERAMICA SANTIAGO S. A.

D.2.4 Muros F – 180.

Elemento N°1 :	Muro de albañilería con ladrillo Titán Estructural Armado (TEA).
Descripción :	Muro de albañilería construido con ladrillos cerámicos hechos a máquina, cuyas dimensiones son 290x140x71 (mm). Mortero de pega de dosificación 1:3 cuyo espesor es de 18 mm aproximadamente . El peso nominal de cada ladrillo es de 3,1 kilogramos Espesor total del muro: 140 mm.
Institución :	INDUSTRIAS PRINCESA LTDA.

Elemento N°2 :	Muro de albañilería con ladrillo Titán Reforzado Hueco Extra. (TRH EX)
Descripción :	Muro de albañilería construido con ladrillos cerámicos hechos a máquina, cuyas dimensiones son 290x140x94 (mm). Mortero de pega de dosificación 1:3 cuyo espesor es de 18 mm aproximadamente . El peso nominal de cada ladrillo es de 3,5 kilogramos Espesor total del muro: 140 mm.
Institución :	INDUSTRIAS PRINCESA LTDA.

Elemento N°3 :	Muro de albañilería con ladrillo Gran Titán Reforzado Hueco (GTRH)
Descripción :	Muro de albañilería construido con ladrillos cerámicos hechos a máquina, cuyas dimensiones son 290x140x112 (mm). Mortero de pega de dosificación 1:3 cuyo espesor es de 18 mm aproximadamente . El peso nominal de cada ladrillo es de 4,2 kilogramos Espesor total del muro: 140 mm.
Institución :	INDUSTRIAS PRINCESA LTDA.

D.2 Muro/tabique divisorios y/o perimetrales. (ref. 22)**D.2.1 Muro/tabique divisorios y/o perimetrales F – 30.**

Elemento N°1 :	Tabique Superboard Pizarreño 6 mm
Descripción :	Elementos (dos por ser asimétricos A y B) de construcción destinado a uso como muro o tabique divisorio o perimetral en edificios. El elemento está constituido por una estructura de madera hecha con listones de pino radiata de 70 x 50mm. Consta de seis pie-derechos, tres cadenas, una solera inferior y otra superior. Una de las caras de la estructura de madera está forrada con una plancha de yeso-cartón, Gyplac ST, de 10 mm de espesor . La otra cara está forrada con una plancha de fibro-cemento "Plancha Superboard", de 6 mm de espesor . Todos los componentes del elemento están unidos por medio de clavos. Esta conformación deja espacios libres en el interior del elemento. El peso de los elementos es: A de 124 kilogramos y el B de 133 kilogramos. Espesor total de los elementos, incluido la estructura: 86 mm, aproximadamente.
Institución :	SOCIEDAD INDUSTRIAL PIZARREÑO S.A.
Elemento N°2 :	Tabique Perimetral Termopol Eps 50 mm Et 85 mm / F -15
Descripción :	Elemento de construcción destinado a uso perimetral de edificios, formado por una estructura de madera hecha con listones de pino radiata de 45 x 75 mm, cepillado. Consta de cinco pie-derechos distanciados entre ejes a 0,60 m, aproximadamente, de tres cadenas separadas entre ejes a 0,60 m, y una solera inferior y otra superior. Esta estructuración de madera está forrada por una cara con una plancha de fibrocemento de 5 mm de espesor . La otra cara está forrada con una plancha de yeso-cartón estándar de 15 mm de espesor . Todo el conjunto está atornillado a la estructura de madera. Tal configuración deja espacios libres en el interior del elemento, los cuales están rellenos con planchas planas de poliestireno expandido que presentan una densidad media nominal de 10 kg/m³ y un espesor de 50 mm aproximadamente. Espesor total del elemento 85 mm. El peso del elemento es de 122 kilogramos.
Institución :	AISLANTES NACIONALES S. A.

Elemento N°3 :	Tabique Simple Knauf W111 54/600. 54 mm / F-15
Descripción :	Elemento de construcción destinado a uso divisorio de edificios, constituido por una estructura metálica. Consta de cinco montantes verticales (pie-derechos), hechos con perfiles de acero galvanizado (Richter System), tipo C, de 35 x 40 x 7 x 0,6 (mm), distanciados entre ejes a 0,60 m, aproximadamente, y de dos soleras una inferior y otra superior tipo C de 35 x 30 x 0,6 (mm). Esta estructuración de acero está forrada por ambas caras con una plancha de yeso-cartón "Knauf" estándar de 9,5 mm de espesor , cada una, atornilladas a la estructura de acero . Las juntas están selladas con masilla a base de yeso y cinta de celulosa. Tal configuración deja espacios libres en el interior del tabique. Espesor total del tabique: 54 mm. El peso del elemento es de 94 kilogramos.
Institución :	KNAUF- RICHTER SYSTEM Chile

D.2.2 Muro/tabique divisorios y/o perimetrales F – 30.

Elemento N°1 :	Metalcón Cintac Normal 115 mm / 90 (Tabique Exterior)
Descripción :	<p>Elemento de construcción destinado a uso como muro divisorio en edificios. El elemento está formado por una estructura metálica (Sistema Metalcón). Consta de cinco montantes verticales (pie-derechos), hechos con perfiles de acero galvanizado tipo C de 90 x 38 x 12 x 0,85 mm, Murogal montante, distanciados entre ejes cada 0,55 m, aproximadamente y de dos soleras (inferior y superior) de 92 x 30 x 0,85 mm, Murogal canal.</p> <p>Esta estructuración metálica está forrada por una de sus caras con una placa de madera aglomerada de 10 mm de espesor (según información del solicitante esta placa de madera es importada). La otra cara de la estructura de acero la constituye una plancha de yeso-cartón estándar de 15 mm de espesor.</p> <p>Todo el conjunto está afianzado por medio de tornillos. Tal configuración deja espacios libres en el interior del panel, los cuales están rellenos con lana mineral, cuyo espesor es de 90 mm y la densidad media aparente de 40 kg/m³. El peso total del elemento es de 140 kilogramos. Espesor total del elemento 115 mm.</p>
Institución :	CINTAC S. A.

Elemento N°2 :	Tabique Perimetral Termopol Eps 50 mm Et 85 mm / F- 30
Descripción :	<p>Elemento de construcción destinado a uso perimetral o divisorio de edificios, constituido por una estructura metálica. Consta de siete montantes verticales (pie-derechos), hechos con perfiles de acero galvanizado tipo C, de 60 x 48 x 9 x 0,85 (mm), distanciados entre ejes a 0,40 m, aproximadamente, y de dos soleras una inferior y otra superior tipo C de 61 x 25 x 0,85 (mm). Esta estructuración de acero está forrada por una cara con una plancha de yeso - cartón estándar de 15 mm de espesor. La otra cara está forrada con una placa de madera tipo OSB de 9,5 mm de espesor. Todo el conjunto está atornillado a la estructura de acero.</p> <p>Tal configuración deja espacios libres en el interior del elemento, los cuales están rellenos con planchas planas de poliestireno expandido que presentan una densidad nominal de 10 kg/m³ y un espesor de 50 mm. Espesor total del elemento 85 mm. El peso del elemento es de 119 kilogramos.</p>
Institución :	AISLANTES NACIONALES S. A.

Elemento N°3 :	Tabique Knauf. W111 70/600. 70 mm / F - 30
Descripción :	<p>Elemento de construcción destinado a uso divisorio de edificios, constituido por una estructura metálica. Consta de cinco montantes verticales (pie-derechos), hechos con perfiles de acero galvanizado tipo C, de 38 x 40 x 7 x 0,5 (mm), distanciados entre ejes a 0,60 m, aproximadamente, y de dos soleras una inferior y otra superior tipo C de 39 x 20 x 0,5 (mm). Esta estructuración de acero está forrada por ambas caras con una plancha de yeso - cartón “Knauf” estándar de 15 mm de espesor (Mendoza-Argentina), cada una, atornilladas a la estructura de acero. Las juntas están selladas con masilla a base de yeso y cinta de celulosa.</p> <p>Tal configuración deja espacios libres en el interior del tabique, los cuales están rellenos con un aislamiento térmico a base de fibras de vidrio ISOVER, tipo rollo libre, con densidad media aparente de 12,1 kg/m³ y un espesor nominal de 50 mm. Espesor total del tabique: 70 mm. El peso del elemento es de 139 kilogramos.</p>
Institución :	KNAUF - RICHTER SYSTEM Chile

D.2.3 Muro/tabique divisorios y/o perimetrales F – 60.

Elemento N°1:	Gyplac A 80 mm / F 60.
Descripción :	Elemento de construcción que se usa como muro divisorio en edificios, constituido por una estructura metálica. Consta de cinco montantes verticales (pie-derechos), hechos con perfiles de acero galvanizado de 40x30x10x0,8 mm, distanciados entre ejes cada 0,55 m, aproximadamente y de dos soleras (inferior y superior) de 40x30x0,8 mm. Esta estructuración está forrada por una de sus caras con una plancha de yeso-cartón “Gyplac” estándar de 15 mm de espesor . La otra cara está forrada con una doble plancha Gyplac estándar de 10 mm y 15 mm de espesor respectivamente. Todo el conjunto está unido por medio de tornillos. Tal configuración deja espacios libres en el interior del panel, los cuales están rellenos con lana minera, colchoneta libre, cuyo espesor es de 40 mm y densidad media aparente de 40 kg/m³ El peso total del elemento es de 194 kilogramos. Espesor total del elemento: 80 mm.
Institución :	SOCIEDAD INDUSTRIAL ROMERAL S. A.

Elemento N°2:	Tabique Divisorio Termopol Eps 50mm Et 125mm / F- 60
Descripción :	Elemento de construcción destinado a uso perimetral o divisorio de edificios, formado por una estructura de madera hecha con listones de pino radiata de 45 x 75 mm, cepillado. Consta de cinco pie-derechos distanciados entre ejes a 0,60 m, aproximadamente, tres cadenetras separadas entre ejes a 0,60 m, y una solera inferior y otra superior. Esta estructuración de madera está forrada por ambas caras con dos planchas de yeso - cartón estándar de 15 mm de espesor , cada una. Todo el conjunto está atornillado a la estructura de madera. Tal configuración deja espacios libres en el interior del elemento, los cuales están rellenos con planchas planas de poliestireno expandido que presentan una densidad nominal de 10 kg/m³ y un espesor de 50 mm . Espesor total del elemento 125 mm. El peso del elemento es de 273 kilogramos.
Institución :	AISLANTES NACIONALES S.A.

Elemento N°3 :	Tabique Knauf. W112 80/400. 80mm / F - 60
Descripción :	Elemento de construcción destinado a panel divisorio en edificaciones, formado por una estructura metálica. Consta de montantes verticales (pie-derechos), hechos con perfiles de acero galvanizado tipo C, de 38 x 38 x 0,5 (mm), distanciados entre ejes a 0,40 m, aproximadamente, y de dos soleras (inferior y superior), de 39 x 20 x 0,5 (mm). Esta estructuración está forrada por ambas caras con dos planchas de yeso - cartón “Knauf” estándar, de 10 mm de espesor , en cada una de las caras y atornilladas a la estructura de acero Las juntas fueron tratadas con cinta de papel y masilla a base de yeso. Tal configuración deja espacios libres en el interior del panel, los cuales están rellenos con lana de vidrio, cuyo espesor es de 50 mm y R100/141. Espesor total del elemento 80 mm, aproximadamente. No se aplicó carga al elemento ya que su función no es estructural.
Institución :	KNAUF - RICHTER SYSTEM Chile

D.2.4 Muro/tabique divisorios y/o perimetrales F – 90.

Elemento N°1 :	Gyplac A 120 mm / F- 90.
Descripción :	Elemento de construcción que se usa como muro divisorio en edificios, constituido por una estructura metálica. Consta de cinco montantes verticales (pie-derechos), hechos con perfiles de acero galvanizado de 60 x 40 x 10 x 0,8 mm, distanciados entre ejes cada 0,55 m, aproximadamente y de dos soleras (inferior y superior) de 60 x 40 x 0,8 mm. Esta estructuración está forrada por ambas caras con dos planchas de yeso-cartón “Gyplac” estándar de 15 mm de espesor cada una, atornilladas a la estructura de acero . Tal configuración deja espacios libres en el interior del panel, los cuales están rellenos con lana mineral, cuyo espesor es de 50 mm y densidad media aparente de 40 kg/m³ El peso total del elemento es de 273 kilogramos. Espesor total del elemento: 0,12 m.
Institución :	SOCIEDAD INDUSTRIAL ROMERAL S. A.

Elemento N°2 :	Tabique Divisorio Termopol Eps 50 mm Et 125 mm / F- 90
Descripción :	Elemento de construcción destinado a uso perimetral o divisorio de edificios, formado por una estructura de madera hecha con listones de pino radiata de 45 x 75 mm, cepillado. Consta de cinco pie-derechos distanciados entre ejes a 0,60 m, aproximadamente, tres cadenetras separadas entre ejes a 0,60 m, y una solera inferior y otra superior. Esta estructuración de madera está forrada por ambas caras con tres planchas de yeso - cartón estándar de 10 mm de espesor , cada una. Todo el conjunto está atornillado a la estructura de madera. Tal configuración deja espacios libres en el interior del elemento, los cuales están rellenos con planchas planas de poliestireno expandido que presentan una densidad nominal de 10 kg/m³ y un espesor de 50 mm . Espesor total del elemento 125 mm. El peso del elemento es de 268 kilogramos.
Institución :	AISLANTES NACIONALES S. A.

Elemento N°3 :	Tabique doble Knauf. W112 120 / 600. 120 mm / F - 90
Descripción :	Elemento de construcción destinado a panel divisorio en edificaciones, formado por una estructura metálica. Consta de cinco montantes verticales (pie-derechos), hechos con perfiles de acero galvanizado tipo C, de 60 x 50 x 7 x 0,6 (mm), distanciados entre ejes a 0,60 m, aproximadamente, y de dos soleras (inferior y superior) tipo C, de 61 x 40 x 0,6 (mm). Esta estructuración está forrada por ambas caras con dos planchas de yeso - cartón “Knauf” estándar, de 15 mm de espesor , en cada cara y atornilladas a la estructura de acero Las juntas fueron tratadas con cinta de papel y masilla a base de yeso. Tal configuración deja espacios libres en el interior del tabique, los cuales están rellenos con una aislamiento térmica de fibra de vidrio Isover rollo libre, R100, con densidad media aparente de 12,1 kg/m³ y un espesor nominal de 50 mm . Espesor total del elemento 120 mm, aproximadamente. El peso del elemento, 258 kilogramos.
Institución :	KNAUF - RICHTER SYSTEM Chile

D.2.5 Muro/tabique divisorios y/o perimetrales F – 120.

Elemento N°1 :	Gyplac A 120 mm / F 120
Descripción :	<p>Elemento de construcción destinado a uso como muro divisorio en edificios. El elemento está formado por una estructura metálica. Consta de nueve montantes verticales (pie-derechos), hechos con perfiles de acero galvanizado tipo C de 60 x 40 x 10 x 0,85 mm, distanciados entre ejes cada 0,28 m, aproximadamente y de dos soleras (inferior y superior) de 60 x 40 x 0,85 mm.</p> <p>Esta estructuración metálica está forrada por ambas caras con dos planchas de yeso-cartón “Gyplac” estándar de 15 mm de espesor, cada una, atornilladas a la estructura de acero.</p> <p>Tal configuración deja espacios libres en el interior del panel, los cuales están rellenos con una colchoneta de lana mineral, colchoneta libre, cuyo espesor es de 50 mm y la densidad media aparente de 40 kg/m³. El peso total del elemento es de 286 kilogramos.</p> <p>Espesor total del elemento 0,12 m.</p>
Institución :	SOCIEDAD INDUSTRIAL ROMERAL S. A.

Elemento N°2 :	Tabique Volcometal e = 120 mm
Descripción :	<p>Muro que se usará como elemento de construcción divisorio en edificios. El elemento está formado por una estructura metálica. Consta de siete montantes verticales (pie-derechos), hechos con perfiles de acero galvanizado tipo C de 60 x 40 x 6 x 0,5 mm, distanciados entre ejes cada 0,37 m, aproximadamente y de dos soleras (inferior y superior) de 60 x 20 x 0,5 mm.</p> <p>Esta estructuración metálica está forrada por ambas caras con una doble plancha de yeso-cartón “Volcanita R F”, de 15 mm de espesor, cada una. Todas las planchas están atornilladas a la estructura de acero.</p> <p>Tal configuración deja espacios libres en el interior del panel, los cuales están rellenos con lana mineral, cuyo espesor es de 50 mm con densidad media aparente de 40 kg/m³. El peso total del elemento es de 296 kilogramos.</p> <p>Espesor total del elemento 0,12 m</p>
Institución :	COMPAÑÍA INDUSTRIAL EL VOLCÁN S. A.

Elemento N°3 :	Tabique doble Knauf. W112 120 / 400. 120 mm / F - 120
Descripción :	<p>Elemento de construcción destinado a panel divisorio en edificaciones, formado por una estructura metálica. Consta de siete montantes verticales (pie-derechos), hechos con perfiles de acero galvanizado tipo C de 60 x 38 x 5 x 0,5 (mm), distanciados entre ejes a 0,40 m, aproximadamente, y de dos soleras (inferior y superior) tipo C, de 61 x 20 x 0,5 (mm).</p> <p>Esta estructuración está forrada por ambas caras con dos planchas de yeso - cartón “Knauf” RF de 15 mm de espesor, en cada una de las caras y atornilladas a la estructura de acero Las juntas fueron tratadas con cinta de celulosa y masilla a base de yeso.</p> <p>Tal configuración deja espacios libres en el interior del tabique, los cuales están rellenos con un aislamiento térmico de fibra de vidrio Isover rollo libre, R 100 = 119, con densidad media aparente de 12,1 kg/m³ y un espesor nominal de 50 mm. Espesor total del elemento 120 mm, aproximadamente.</p> <p>El peso del elemento es de 298 kilogramos, aproximadamente.</p>
Institución :	KNAUF - RICHTER SYSTEM Chile

D.2.6 Muro/tabique divisorios y/o perimetrales F – 150.

Elemento N°1 :	Bepolita H. L. 70 mm
Descripción :	<p>Elemento de construcción destinado a uso como muro divisorio o perimetral en edificios, El elemento está constituido por una placa de hormigón liviano en base a perlas de poliestireno expandido, de 70 mm de espesor.</p> <p>Este elemento contiene en su interior una doble armadura de acero. Esta armadura está hecha con alambres de 4,2 mm de diámetro, estribado.</p> <p>El elemento lleva como terminación, por ambos lados, un estuco en base a cemento y arena, relación 1 : 3, de 15 mm de espesor, previa a la colocación en la unión de las placas de hormigón liviano, de una huincha en base a fibra de vidrio de 200 mm de ancho denominada "Bemalla", adherida con un adhesivo especial Bekrón".</p> <p>Espesor total del elemento : 0,1 m.</p>
Institución :	AISLANTES NACIONALES S. A.

Elemento N°2 :	Bepolita H. L. 70 mm / F -150
Descripción :	<p>Elemento de construcción destinado a uso como muro divisorio o perimetral en edificios, El elemento está constituido por placas de hormigón liviano en base a perlas de poliestireno expandido, de 70 mm de espesor.</p> <p>Las placas contienen en su interior una doble armadura de acero hecha con alambres de 4,2 mm de diámetro, estribado, con reticulado rectangular de 250 x 200 mm. Para la constitución del muro, las placas van unidas de canto, soldadas a la armadura de acero.</p> <p>El elemento lleva como terminación, por ambos lados, un estuco en base a cemento y arena, relación 1 : 3, de 15 mm de espesor, previa a la colocación en la unión de las placas de hormigón liviano, de una huincha en base a fibra de vidrio Bemalla de 200 mm de ancho denominada "Bemalla", adherida con un adhesivo especial Bekrón".</p> <p>Espesor total del elemento: 100 mm.</p>
Institución :	AISLANTES NACIONALES S. A.

Elemento N°3 :	Poliexita H. L. 120 mm
Descripción :	<p>Muro destinado a uso como elemento divisorio o perimetral en edificios, El elemento está constituido básicamente por cemento, arena y perlas de poliestireno expandido.</p> <p>Este elemento lleva como refuerzo en su interior, una doble malla tipo ACMA, electrosoldada y soldadas entre sí.</p> <p>El elemento lleva como terminación, por ambas caras, un mortero de cemento y arena, relación 1 : 3, de 25 mm de espesor. La doble malla está hecha con alambre de 4,2 mm de diámetro.</p> <p>Espesor total del elemento : 0,12 m.</p>
Institución :	POLIEX S. A.

D.2.7 Muro/tabique divisorios y/o perimetrales F – 180.

Elemento N°1 :	Promatect H / F -180 / 136 mm
Descripción :	Elemento de construcción destinado a uso como muro divisorio o perimetral en edificios, El elemento está constituido por una estructura metálica (Sistema Metalcón) Consta de cinco montantes verticales (pie-derechos), hechos con perfiles de acero galvanizado tipo C, de 90 x 38 x 12 x 0,85 mm, Murogal montante, distanciados entre ejes cada 0,6 m y 045 m, aproximadamente y de dos soleras (inferior y superior) de 92 x 30 x 0,85 mm, Murogal canal. Esta estructuración está forrada por ambas caras con dos planchas de fibrosilicato “Promatect H”, una de 12 mm de espesor y la otra de 10 mm de espesor , traslapadas entre sí. Todo el conjunto está atornillado a la estructura de acero . Tal configuración deja espacios libres en el interior del panel, los cuales están rellenos con una doble colchoneta de lana mineral, cuyo espesor total es de 90 mm y la densidad media aparente de 80 kg/m³ . Espesor total del elemento: 136 mm
Institución :	PROMAT CHILE S. A.

Elemento N°2 :	Bepolita H. L. 100 mm
Descripción :	Elemento de construcción destinado a uso como muro divisorio o perimetral en edificios, El elemento está constituido por una placa de hormigón liviano en base de perlas de poliestireno expandido, de 100 mm de espesor . Este elemento contiene en su interior una doble armadura de acero . Esta armadura está hecha con alambres de 4,2 mm de diámetro, estribado. El elemento lleva como terminación, por ambos lados, un estuco en base a cemento y arena, relación 1 : 3, de 15 mm de espesor , previa colocación en la unión de las placas de hormigón liviano , de una huincha en base de fibra de vidrio de 200 mm de ancho denominada "Bemalla", adherida con un adhesivo especial Bekrón". Espesor total del elemento: 0,13 m.
Institución :	AISLANTES NACIONALES S. A.

Elemento N°3 :	Tabique Volcometal e =150mm / Volcanita RF15+ RF15+60+ RF15 +RF15 c / Aislanglass Rollo libre R-122 / F-60
Descripción :	Elemento de construcción destinado a panel divisorio en edificaciones, formado por una estructura metálica. Consta de montantes verticales (pie-derechos), hechos con perfiles de acero galvanizado tipo C, de 60 x 38 x 8 x 0,5 (mm), distanciados entre ejes a 0,40 m, aproximadamente, y de dos soleras (inferior y superior), de 61 x 20 x 0,5 (mm). Esta estructuración metálica está forrada ambas caras con tres planchas de yeso-cartón Volcanita, RF de 15 mm de espesor cada una ; las dos primeras planchas van atornilladas a la estructura de fierro galvanizado, y la tercera va unida a la segunda por medio de una capa de Yeso Pegamento Volcán y clavos. Las juntas fueron tratadas con cinta de papel y masilla base Volcán. Tal configuración deja espacios libres en el interior del panel, los cuales están rellenos con lana de vidrio AISLANGLASS tipo rollo libre, cuyo espesor es de 50 mm y una resistencia térmica (R100) de 94 (100m ² °C / W) clase 1 designación H rollo libre NCh 1,071 Espesor total del elemento 151 mm, aproximadamente. No se aplicó carga
Institución :	COMPAÑÍA INDUSTRIAL EL VOLCÁN S. A.

D.3 Puertas F – 30. (ref. 22)

Elemento N°1 :	Puerta Corta Fuego F - 30
Descripción :	<p>Puerta completa o sistema puerta - marco, construida, la puerta por una hoja de abatir en madera de 0,9 m de ancho por 2,0 m de altura y 45 mm de espesor.</p> <p>El bastidor de la puerta es de coigüe, hecho con listones de 37 x 40 mm y tres pie-derechos de pino de 19 x 37 mm, separados a 250 mm uno de otro.</p> <p>Esta estructuración de madera va forrada por ambos lados con dos tableros de fibra de madera (Fibran 600 de espesor 9 mm y Trupan de espesor 4 mm).</p> <p>En su interior, entre los pie-derechos, queda espacio libre, el cual va relleno con lana mineral de densidad media aparente es de 80 kg/m³.</p> <p>El marco también es de coigüe, con una escuadría de 45 x 90 mm, con doble contacto. La puerta tiene una cerradura metálica de embutir, marca Poli Modelo 14002, tubular, de simple paso, de plomo.</p> <p>Las tres bisagras de la puerta son de acero bronceado, con cantos redondeados, separadas a 775 mm una de la otra.</p> <p>El cierre es un brazo hidráulico marca Ducasse, Modelo Dor 4. El peso de la puerta incluido el marco es de 59 kilogramos.</p> <p>Espesor total del elemento, incluido en marco: 0,9 m.</p>
Institución :	COMERCIAL E INDUSTRIAL LOS ALISOS LTDA.

Elemento N°2 :	Puerta Corta Fuego F 30 ODIS
Descripción :	<p>Puerta completa o sistema puerta - marco, construido con lámina de acero e interiormente contiene una manta cerámica de 25 mm de espesor y lana mineral cuya densidad media aparente es de 80 kg/m³ y de espesor de 35 mm.</p> <p>Las dimensiones de la puerta son: 2,02 m de alto por 0,93 m de ancho y 0,06 m de espesor. La puerta es de abatir de una hoja y está hecha con lámina de acero de 1,5 mm de espesor. La cerradura es de acero, con manilla de acero en L.</p> <p>El marco está hecho con lámina de acero de 2,5 mm de espesor, interiormente contiene lana mineral cuya densidad media aparente es de 80 kg/m³.</p> <p>La hoja está unida al marco por medio de dos bisagras de acero con pasador suelto. La puerta se cierra automáticamente con un cierre hidráulico marca "GTM" N° 073. El peso de la puerta incluido el marco es de 116 kilogramos.</p> <p>Espesor total del elemento (puerta - marco) 89 mm.</p>
Institución :	METALURGICA ODIS S.A.

Elemento N°3 :	(W & C) - 51.
Descripción :	<p>Puerta completa o sistema (hoja - marco), construido con lámina de acero.</p> <p>Las dimensiones de la puerta son: 2,05 m de alto por 0,90 m de ancho y 0,055 m de espesor.</p> <p>La puerta es de abatir de una hoja y está hecha con lámina de acero de 2 mm de espesor.</p> <p>La cerradura es de acero de simple pasada y manilla de acero.</p> <p>La puerta contiene en su interior una combinación de materiales resistentes al fuego según planos presentados por IDIEM.</p> <p>El bastidor de la hoja es en madera de eucaliptus de 46 x 46 mm.</p> <p>El marco está hecho con lámina de acero de 2 mm de espesor y en su interior, combinación de materiales según plano de IDIEM. La hoja está unida al marco por medio de dos bisagras de acero con pasador suelto.</p> <p>La holgura entre la puerta y el marco es de 1,1 mm, en promedio.</p> <p>La puerta se cierra automáticamente con un cierre hidráulico marca "Ducasse, Listed-149 A".</p> <p>El peso de la puerta es de 192 kilogramos.</p> <p>Espesor total del elemento, incluido el marco: 100 mm.</p>
Institución :	WACKENHUT - CLAVIS LTDA.

Elemento N°4 :	Puerta Indina M. R. F - 30
Descripción :	<p>Puerta completa o sistema puerta - marco, construida, la puerta en madera con bastidor de tepa, hecho con listones de 45 x 30 mm.</p> <p>Las dimensiones de la puerta son: 2,07 m de alto por 0,84 m de ancho y 0,054 m de espesor y en sus cantos está protegida con un plástico expansible "Palusol" de 20 mm de ancho y 2 mm de espesor. La hoja de la puerta está cubierta por ambos lados con un tablero de terciado standard de 12 mm de espesor; tal configuración deja un espacio de aire en el interior de la puerta, el cual se ha rellenado con lana mineral, cuya densidad media aparente es de 120 kg/m³. El marco es de eucaliptus, con una escuadría de 80 x 40 mm.</p> <p>La puerta tiene una cerradura metálica, marca Scanavini 4046. El cierre hidráulico que se utiliza es marca Yale N° 2004.</p> <p>Las dos bisagras de la puerta son de acero con pasador suelto. El peso de la puerta incluido el marco es de 43,6 kilogramos.</p> <p>Espesor total del elemento, incluido en marco: 0,8 m.</p>
Institución :	NDINA S. A.

D.4 Ventanas. (ref. 26)

Elemento N°1 :	KTK
Descripción :	<p>Sistema de origen chino, construido bajo normas y supervisión europea. Mantiene los mismos estándares que las demás líneas ventekö. Se orienta a grandes obras cuyo precio de venta fluctúa entre los UF 2,500 y UF 4.000.</p> <p>Perfiles producidos bajo norma europea. Líneas de 58 mm de profundidad. Aloja vidrios de hasta 34 mm, de espesor Colores: blanco y ember. Sus características son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Refuerzo de acero: todos los sistemas Incorporan refuerzos de acero galvanizado. ■ Diseño de desagüe: con una Inclinación de 5°, el galce de tos perfiles ventekö permite la evacuación de la humedad hacia el exterior con mayor facilidad. ■ Fórmula Kömalit Z®: La composición molecular del PVC de los sistemas ventekö ha sido modificada con una fórmula propia, para hacerlo más resistente a las radiaciones de zonas desérticas y a las temperaturas externas.
Institución :	Ventekö

Elemento N°2 :	SISTEMA SUPERBA RPT
Descripción :	<p>Con la estética redondeada de la línea Superba y manteniendo su resistencia y espesores, este sistema incorpora perfiles con rotura de puente térmico (RPT), lo cual, unido al uso exclusivo con doble vidrio, asegura un completo aislamiento térmico del cerramiento. Su marco es de aluminio</p>
Institución :	INDALUM S.A.

Elemento N°3 :	SISTEMA SUPERBA
Descripción :	<p>Se caracteriza por sus cantos curvos y sus perfiles de mayor espesor y resistencia estructural. Son muy eficientes en hermeticidad y aislamiento acústico, se enfoca a viviendas sobre las 4.000 UF. Permite soluciones con vidrio simple o doble vidrio. Su marco es de aluminio</p>
Institución :	INDALUM S.A.

Elemento N°4:	KÖMMERLING
Descripción :	<p>Está orientado a viviendas unifamiliares cuyo precio fluctúa entre las UF 4,000 y UF 9.000. Líneas de 50 a 56 mm de profundidad. Aloja vidrios de hasta 34 mm de espesor. Colores: blanco, embero y sapelli. Sus características son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Refuerzo de acero: todos los sistemas Incorporan refuerzos de acero galvanizado. ■ Diseño de desagüe: con una Inclinación de 5°, el galce de tos perfiles ventekö permite la evacuación de la humedad hacia el exterior con mayor facilidad. ■ Fórmula Kömalit Z®: La composición molecular del PVC de los sistemas ventekö ha sido modificada con una fórmula propia, para hacerlo más resistente Incluso o las Intensas radiaciones de zonas desérticas y a las temperaturas externas.
Institución :	Ventekö

Elemento N°5 :	Puertas y Ventanas de Madera / C.L.C
Descripción :	<p>La ventana comprende las hojas y sus marcos. También se debe contemplar la definición de sus herrajes según sea el tipo de ventana a utilizar. Para ellos se utilizan herrajes tecnológicos importados directamente para ventanas de abatir, de proyección, de corredera, puertas ventanas de patio, oscilo batiente o fijas.</p> <p>Los tipos de ventanas son los siguientes: ventana corredera compuesta de madera de cedro; puertas y ventanas también de cedro; ventana fija con palillo madera de raulí; ventana fija con proyección hecha cedro; ventana corredera tecnológica de cedro; y ventana bowindow confeccionada con madera de cedro.</p> <p>Todos estos tipos de ventanas sus dimensiones pueden ser fabricadas a pedido aún cuando existen algunos diseños standar.</p>
Institución :	Puertas y Ventanas de Madera / C.L.C

D.5 Pilar protegido. (ref. 22)**D.5.1 Pilar protegido con estuco**

Elemento N°1 :	Pilar Mortero Igniplaster 21 mm
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero de sección cuadrada 200 x 200 x 6 mm , su altura es de 2,05 m, y su masividad es de 171 m ⁻¹ . Este está protegido por todo su perímetro con un mortero liviano, denominado “Igniplaster” de 21 mm de espesor y densidad media aparente, una vez seco, de 800 kg/m³ . El mortero está constituido principalmente por ligantes hidráulicos, áridos ligeros y aditivos especiales. Las caras del pilar deben estar totalmente protegidas en toda su extensión, sin dejar ningún intersticio a la vista.
Institución :	PROMAT CHILE S. A.

D.5.1.1 Pilar protegido con estuco F – 90.

Elemento N°1 :	Cafco - Blaze Shield II F - 90
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero estructural, de sección doble T 200 x 200 x 18 x 10 mm y su altura es de 2,10 m El factor de masividad es 133 m ⁻¹ . Este está protegido por todo su perímetro con material aislante térmico de densidad media, proyectado y denominado “Blaze Shield II” de 20 mm de espesor promedio . Las caras del pilar deben estar totalmente protegidas en toda su extensión, sin dejar ningún intersticio a la vista.
Institución :	US MINERAL PRODUCTS / DBA ISOLATEX INTERNATIONAL, STANHOPE NEW JERSEY

D.5.1.2 Pilar protegido con estuco F – 120.

Elemento N°1 :	Cafco - Blaze Shield II F - 120
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero estructural, de sección doble T 200 x 200 x 18 x 10 mm , su altura es de 2,10 m y su masividad es de 133 m ⁻¹ . Este está protegido por todo su perímetro con material aislante térmico de densidad media, proyectado y denominado “Blaze Shield II” de 40 mm de espesor promedio . Las caras del pilar deben estar totalmente protegidas en toda su extensión, sin dejar ningún intersticio a la vista.
Institución :	US MINERAL PRODUCTS / DBA ISOLATEX INTERNATIONAL, STANHOPE NEW JERSEY

Elemento N°2 :	Blaze Shield 143-13,5 / F 120
Descripción :	Pilar en base a un perfil en acero tipo doble T de 220 x 100 mm con ala de 10 mm de espesor y alma de 8 mm de espesor , de sección de 39,7 cm ² , perímetro expuesto al fuego de 0,4 m con una masividad de 100,8 m ⁻¹ y de 2,20 m de altura. El pilar está protegido en base de fibra mineral, cemento y aglomerantes. El estuco colocado por proyección tiene un espesor promedio de 13,5 mm . No debe quedar ningún lugar de sus caras sin proteger. Las juntas se sellan con pasta especial sellante. La sección final de estos componentes resulta de 0,247 x 0,127 m.
Institución :	ACCURATEK CHILE LTDA.

Elemento N°3 :	Columna Protegida Mortero Liviano Hibar 55 mm / F-120
Descripción :	Columna doble T, Pefil de acero IN de 200 x 200 x 22 x 10 (mm) y altura de 2, 10 m, que presenta una masividad de 114 m ¹ . Esta está protegida contra el fuego con un mortero de fibras minerales aglomeradas con cemento, cuya denominación es “Hibar” . Distribuido en envase sellado y rotulado:"manufacturated by Celufibre Industries". El espesor de la protección es de 55 mm, promedio. Las caras de la columna deben estar totalmente protegidas en toda su extensión, sin dejar ningún intersticio a la vista
Institución :	LAGOS & CASTILLO S. A.

D.5.1.3 Pilar protegido con estuco F – 150.

Elemento N°1 :	Pilar Mortero Igniplaster 40 mm
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero de sección cuadrada 200 x 200 x 6 mm , su altura es de 2,05 m, y su masividad es de 171 m ¹ . Este está protegido por todo su perímetro con un mortero liviano proyectado, denominado “Igniplaster”, de 40 mm de espesor y, una vez seco, con densidad media aparente de 800 kg/ m³ . Está constituido principalmente por ligantes hidráulicos, áridos ligeros y aditivos especiales. Las caras del pilar deben estar totalmente protegidas en toda su extensión, sin dejar ningún intersticio a la vista.
Institución :	PROMAT CHILE S. A

D.5.2 Pilar protegido con planchas.

D.5.2.1 Pilar protegido con planchas F – 30:

Elemento N°1 :	Tubest / 30
Descripción :	Pilar en base de perfiles en acero estructural denominado "TUBEST", de forma rectangular y compuesto por un par de perfiles "OHM" y un par de perfiles "SIGMA", que van soldados entre sí. Esta combinación de perfiles miden 2,10 m de altura 0,35 m de ancho y 0,15 de profundidad. Los perfiles son en acero estructural A42-27 ES y sus dimensiones son 350 x 150 x 4 mm. Este conjunto está protegido por todo su perímetro con plancha de yeso-cartón tipo R F de 12,5 mm de espesor , que van afianzadas al pilar mediante cuatro perfiles Tegal económico de 38 x 38 x 0,5 mm, colocados en las esquinas, contra los cuales se atornillan las planchas de yeso-cartón, sin que los tornillos se ancle en la estructura base. La sección final de estos componentes resulta de 0,375 m de ancho por 0,251 m de profundidad.
Institución :	EMPRESAS CINTAC S. A.

D.5.2.2 Pilar protegido con planchas F – 60:

Elemento N°1 :	Estructura Metálica Revestimiento Plancha Volcanita 12,5 mm
Descripción :	Pilar en base de perfiles en acero estructural doble T de 2,10 de altura y 250 x 250 x 18 x 10 mm. Este conjunto está protegido por todo su perímetro con plancha de yeso-cartón tipo R F “Volcanita” de 12,5 mm de espesor , que van afianzadas al pilar mediante cuatro perfiles L de 38 x 38 x 0,5 mm, colocados en las esquinas. El factor de masividad es 90 m ⁻¹ . La sección final de estos componentes resulta de 0,275 m de ancho por 0,275 m de profundidad.
Institución :	COMPAÑÍA INDUSTRIAL EL VOLCAN S. A.

Elemento N°2 :	Tubest / 60.
Descripción :	Pilar en base de perfiles en acero estructural denominado "TUBEST", de forma rectangular y compuesto por un par de perfiles "OHM" y un par de perfiles "SIGMA", que van soldados entre sí. Esta combinación de perfiles miden 2,10 m de altura 400 mm de ancho y 276 mm de profundidad. Los perfiles son en acero estructural A42-27 ES y sus dimensiones son 350 x 150 x 5 x 4 mm. Este conjunto está protegido por todo su perímetro con doble plancha de yeso-cartón tipo R F de 12,5 mm de espesor , que van afianzadas al pilar mediante cuatro perfiles Tegal económico de 38 x 38 x 0,5 mm, colocados en las esquinas, contra los cuales se atornillan las planchas de yeso-cartón, sin que los tornillos se anclen en la estructura base. El factor de masividad es 222 m ⁻¹ . La sección final de estos componentes resulta de 0,40 m de ancho por 0,276 m de profundidad.
Institución :	EMPRESAS CINTAC S. A.

D.5.2.3 Pilar protegido con planchas F – 90:

Elemento N°1 :	Estructura Metálica, Revestida con 25 mm Volcanita 12,5 mm
Descripción :	Pilar en base de perfiles en acero estructural , de sección cuadrada 200 x 200 x 6 mm y su altura es de 2,10 m. Este conjunto está protegido por todo su perímetro con doble plancha de yeso-cartón tipo R F “Volcanita de 12,5 mm de espesor , cada una y que encajonan al pilar. Las dobles planchas van unidas entre sí, mediante cuatro esquineros tipo L de 30 x 30 x 0,5 mm a los que atraviesan tornillos que no se empotran en el pilar. La sección final de estos componentes resulta de 0,250 m de ancho por 0,250 m de profundidad.
Institución :	COMPAÑÍA INDUSTRIAL EL VOLCAN S. A.

Elemento N°2 :	Promatect - H 104 F - 90
Descripción :	Pilar de acero doble T de 200 x 150 x 16 x 6 mm y su altura es de 2,10 m, cuyo factor de masividad es 121 m ⁻¹ . Este pilar está encajonado por todo su perímetro con una plancha plana de fibrosilicato, “Promatect H”, de 20 mm de espesor . Las planchas van unidas entre sí, mediante corchetes de acero. Este encajonamiento deja espacios vacíos. La sección final de estos componentes resulta de 0,24 x 0,19 m.
Institución :	PROMAT CHILE S. A.

Elemento N°3 :	Columna Protegida Placa Albi Driclad / 25 mm / F- 90
Descripción :	Columna doble T, Pefil de acero IN de 200 x 200 x 22 x 10 (mm) y altura de 2,10 m, que presenta una masividad de 77 m ¹ . Esta columna está protegida contra el fuego con una placa aislante “Albi Dricald” con 25 mm de espesor , las que se fijan a la columna de acero por medio de tornillos marca "Albi Screws". Las caras de la columna deben estar totalmente protegidas en toda su extensión, sin dejar ningún intersticio a la vista.
Institución :	LAGOS & CASTILLO S. A.

D.5.2.4 Pilar protegido con planchas F – 120:

Elemento N°1 :	Promatect - H / F - 120
Descripción :	Pilar en base a acero doble T , que consistente en un complejo estructural en cuyo interior existe un perfil 220 x 220 mm con ala de 18 mm de espesor y alma de 10 mm de espesor, su altura es de 2,20 m y su masividad es de 67,4m ¹ . La sección es de 98 cm ² , y su perímetro expuesto al fuego de 0,66 m. El pilar está protegido con planchas de PROMATECT H - PROMAT de 15 mm de espesor , atornilladas en sus bordes con tornillos de acero de 40 mm colocados cada 200 mm. No debe quedar ningún lugar de sus caras sin proteger. Las juntas se sellan con pasta especial sellante. La sección final de estos componentes resulta de 0,250 x 0,250 m.
Institución :	PROMAT CHILE S. A.

Elemento N°2 :	Tubes / 120
Descripción :	Pilar de forma rectangular en base de un perfiles tubular de acero . Compuesto por un par de perfiles "OHM" y un par de perfiles "SIGMA" que van soldados entre sí, todo en acero estructural A42-27 ES . Las dimensiones del perfil TUBEST son 350 x 150 x 5 x 4 mm, y cuya masividad es de 222 m ¹ . El pilar está protegido por todo su perímetro con tres planchas de yeso-cartón tipo R F de 12,5 mm de espesor , y que van atornilladas al pilar mediante perfiles tipo C de 38 x 38 x 0,5 mm de espesor, denominado Tegal económico en sus cuatro vértices. No debe quedar ningún lugar de sus caras sin proteger. La sección final de estos componentes resulta de 0,425 x 0,301 m.
Institución :	CINTAC S.A.

Elemento N°3 :	Estructura Acero doble T Revestida con 2 planchas Volcanita 12,5 R F
Descripción :	Pilar en acero doble T de 400 x 400 x 20 x 12 mm , y 2,10 m de altura, cuya masividad es de 79/m ¹ . El pilar está encajonado con dos planchas de Volcanita tipo RF de 12,5 mm de espesor , cada una. Entre la plancha interior y la exterior, en cada vértice tiene cuatro perfiles esquineros de metal galvanizado de 30 x 30 x 0,5 mm, al cual van atornilladas las planchas, de dos en dos. Las juntas se sellan con pasta especial sellante. La sección final de estos componentes resulta de 0,235 x 0,235 m.
Institución :	COMPAÑÍA INDUSTRIAL EL VOLCAN S. A.

Elemento N°4 :	Columna Protegida Placa Albi Driclad / 38 mm / F-120
Descripción :	Columna doble T, Pefil de acero IN de 200 x 200 x 22 x 10 (mm) y altura de 2, 10 m, que presenta una masividad de 77 m ⁻¹ . Esta columna está protegida contra el fuego con una placa aislante “Albi Dricald” . El espesor de la placa es de 38 mm , las que se fijan a la columna de acero por medio de tornillos marca "Albi Screws". Las caras de la columna deben estar totalmente protegidas en toda su extensión, sin dejar ningún intersticio a la vista.
Institución :	LAGOS & CASTILLO S. A.

D.5.2.5 Pilar protegido con planchas F – 150

Elemento N°1 :	Promatect - H 163 / F- 150
Descripción :	Pilar a base de perfil de acero doble T de 300 x 250 x 20 x 6 mm , cuya masividad es de 95 m ⁻¹ . Este pilar de 2,1 m, está encajonado con dos planchas planas de fibrosilicato “Promatect H” , de 12 mm de espesor , cada una. Las planchas van unidas entre sí mediante corchetes de acero y sus juntas se sellan con pasta especial sellante. La sección final de estos componentes resulta de 0,34 x 0,298 m.
Institución :	PROMAT CHILE S. A.

D.5.3 Pilar protegido con pinturas.

D.5.3.1 Pilar protegido con pinturas F – 15.

Elemento N°1 :	Intumescente Creizet 15
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero 100 x 100 x 5 mm , y de 2,10 m de alto; su masividad es de 209 m ⁻¹ . Este pilar va protegido por todo su perímetro con un recubrimiento intumescente a base de solventes con un espesor medio de 256 micras (milésimos de milímetro). Este recubrimiento no debe dejar, sin pintar, ninguna parte de sus caras, rincones o aristas.
Institución :	PINTURAS CREIZET S. A.

Elemento N°2 :	Cafco Spray Film / 15
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero 200 x 200 x 6 mm , y de 2,10 m de alto; su masividad es de 171 m ⁻¹ . Este pilar va protegido por todo su perímetro con un recubrimiento intumescente a base de solventes, denominado “Cafco Spray Film”, en un espesor promedio de 159 micras (milésimos de milímetro). Este recubrimiento no debe dejar, sin pintar, ninguna parte de sus caras, rincones o aristas.
Institución :	U.S. MINERAL PRODUTS/DBA ISOLATEK INTERNATIONAL, STANHOPE, NEW JERSEY

D.5.3.2 Pilar protegido con pinturas F – 30.

Elemento N°1 :	Intumescente Creizet 30
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero 100 x 100 x 5 mm , y de 2,10 m de alto; su masividad es de 209 m ⁻¹ . Este pilar va protegido por todo su perímetro con un recubrimiento intumescente a base de solventes con un espesor medio de 444 micras (milésimos de milímetro). Este recubrimiento no debe dejar, sin pintar, ninguna parte de sus caras, rincones o aristas.
Institución :	PINTURAS CREIZET S. A.

Elemento N°2 :	Pintura Intumescente L04280t9100 / 30
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero 100 x 100 x 5 mm , y de 2,05 m de alto; su masividad es de 209 m ⁻¹ . Este pilar va protegido por todo su perímetro con un recubrimiento intumescente denominado "Pintura Intumescente L04280T9100, con un espesor medio de 729 micras (milésimos de milímetro). Este recubrimiento no debe dejar, sin pintar, ninguna parte de sus caras, rincones o aristas.
Institución :	SHERWIN WILLIAMS CHILE S. A.

Elemento N°3 :	Intumescen AC / 30 - 1
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero 200 x 200 x 6 mm , y de 2,10 m de alto; su masividad es de 171 m ⁻¹ . Este pilar va protegido por todo su perímetro con un recubrimiento intumescente en base acuosa denominado "INTUMESCEN AC", con un espesor promedio de 267 micras (milésimos de milímetro). Este recubrimiento no debe dejar, sin pintar, ninguna parte de sus caras, rincones o aristas.
Institución :	SOCIEDAD QUIMICA CHILCORROFIN S. A.

Elemento N°4 :	Cafco Spray Film / 30
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero 200 x 200 x 6 mm , y de 2,10 m de alto; su masividad es de 171 m ⁻¹ . Este pilar va protegido por todo su perímetro con un recubrimiento intumescente a base de solventes denominado "Cafco Spray Film", en un espesor promedio de 210 micras (milésimos de milímetro). Este recubrimiento no debe dejar, sin pintar, ninguna parte de sus caras, rincones o aristas.
Institución :	U.S. MINERAL PRODUCTS/DBA ISOLATEK INTERNATIONAL, STANHOPE, NEW JERSEY

Elemento N°5 :	Intumescente "X - 200 / 30"
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero 200 x 200 x 5 mm , y de 2,10 m de alto; su masividad es de 204 m ⁻¹ . Este pilar va protegido por todo su perímetro con un recubrimiento intumescente denominado "Intumescente x - 200", con un espesor promedio de 594 micras (milésimos de milímetro). El factor de masividad es 204 m ⁻¹ . Este recubrimiento no debe dejar, sin pintar, ninguna parte de sus caras, rincones o aristas.
Institución :	INDUSTRIAS CERESITA S. A.

D.5.3.3 Pilar protegido con pinturas F – 60.

Elemento N°1 :	Pintura Intumescente L04280t9100 / 60
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero 100 x 100 x 5 mm , y de 2,05 m de alto, factor de masividad 209 m ⁻¹ . Este pilar va protegido por todo su perímetro con un recubrimiento intumescente denominado “Pintura Intumescente L04280T9100”, con un espesor medio de 1102 micras (milésimos de milímetro). Este recubrimiento no debe dejar, sin pintar, ninguna parte de sus caras, rincones o aristas.
Institución :	SHERWIN WILLIAMS CHILE S. A.

Elemento N°2 :	Intumescen AC./60 -1
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero 200 x 200 x 6 mm , y de 2,10 m de alto, su factor de masividad 171 m ⁻¹ . Este pilar va protegido por todo su perímetro con un recubrimiento intumescente en base acuosa denominado “INTUMESCEN AC”, con un espesor promedio de 716 micras (milésimos de milímetro). Este recubrimiento no debe dejar, sin pintar, ninguna parte de sus caras, rincones o aristas.
Institución :	SOCIEDAD QUIMICA CHILCORROFIN S. A.

Elemento N°3 :	Cafco Spray Film / 60
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero doble T de 400 x 400 x 18 x 12 mm , y de 2,10 m de alto. Su factor de masividad 188 m ⁻¹ . Este pilar va protegido por todo su perímetro con un recubrimiento intumescente a base de solventes denominado "Cafco Spray Film", en un espesor promedio de 512 micras (milésimos de milímetro). Este recubrimiento no debe dejar, sin pintar, ninguna parte de sus caras, rincones o aristas.
Institución :	U. S.MINERAL PRODUCTS/DBA ISOLATEK INTERNATIONAL, STANHOPE, NEW JERSEY

Elemento N°4 :	Intumescente x - 200/60 -1
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero de 200 x 200 x 5 mm , y de 2,10 m de alto. Este pilar va protegido por todo su perímetro con un recubrimiento intumescente "x - 200", en un espesor promedio de 1483 micras (milésimos de milímetro). El factor de masividad es 204 m ⁻¹ . Este recubrimiento no debe dejar, sin pintar, ninguna parte de sus caras, rincones o aristas.
Institución :	INDUSTRIAS CERESITA S. A.

Elemento N°5 :	Promapaint - E/60
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero de 200 x 200 x 5 mm , y de 2,05 m de alto. Este pilar va protegido por todo su perímetro con un recubrimiento intumescente denominado "Promapaint - E", en un espesor promedio de 845 micras (milésimos de milímetro). El factor de masividad es 204 m ⁻¹ . Este recubrimiento no debe dejar, sin pintar, ninguna parte de sus caras, rincones o aristas.
Institución :	PROMAT CHILE S. A.

D.5.3.4 Pilar protegido con pinturas F – 90.

Elemento N°1 :	Intumescen AC / 90 -1
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero 200 x 200 x 6 mm , y de 2,10 m de alto; su masividad es de 171 m ⁻¹ . Este pilar va protegido por todo su perímetro con un recubrimiento intumescente en base acuosa denominado "INTUMESCEN AC", con un espesor promedio de 872 micras (milésimos de milímetro). Este recubrimiento no debe dejar, sin pintar, ninguna parte de sus caras, rincones o aristas.
Institución :	SOCIEDAD QUIMICA CHILCORROFIN S. A.

Elemento N°2 :	Cafco Spray Film/90 - 1
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero de sección cuadrada de 200 x 200 x 6 mm , y de 2,10 m de alto, y el factor de masividad es de 171 m ⁻¹ . Este pilar va protegido por todo su perímetro con un recubrimiento intumescente a base de solventes denominado "Cafco Spray Film", en un espesor promedio de 1100 micras (milésimos de milímetro). Este recubrimiento no debe dejar, sin pintar, ninguna parte de sus caras, rincones o aristas.
Institución :	U. S.MINERAL PRODUCTS/DBA ISOLATEK INTERNATIONAL, STANHOPE, NEW JERSEY

Elemento N°3 :	Intumescente x - 200/90
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero de 200 x 200 x 5 mm , y de 2,10 m de alto. Este pilar va protegido por todo su perímetro con un recubrimiento intumescente "x - 200", en un espesor promedio de 2224 micras (milésimos de milímetro). El factor de masividad es 204 m ⁻¹ . Este recubrimiento no debe dejar, sin pintar, ninguna parte de sus caras, rincones o aristas.
Institución :	INDUSTRIAS CERESITA S. A.

Elemento N°4 :	Promapaint - E / 90
Descripción :	Pilar en base de perfil en acero de 200 x 200 x 5 mm , y de 2,05 m de alto. Este pilar va protegido por todo su perímetro con un recubrimiento intumescente denominado. "Promapaint - E", en un espesor promedio de 1230 micras (milésimos de milímetro). El factor de masividad es 204 m ⁻¹ . Este recubrimiento no debe dejar, sin pintar, ninguna parte de sus caras, rincones o aristas.
Institución :	PROMAT CHILE S. A.

D.6 Elementos Horizontales. (ref. 22)**D.6.1 Losas de hormigón nervadas F - 60.**

Elemento N°1 :	LOSA C. A. T. S. A. F - 60. 175 mm
Descripción :	<p>Losa está destinada a entrepiso divisorio de edificios. Está constituido por una placa de hormigón armado de 50 mm de espesor, reforzada con una malla de acero electro soldada con barras de 4,2 mm y reticulado de 100 x 100 mm Esta placa de hormigón tiene nervaduras transversales y longitudinales, reforzadas con barras de acero A44-28H. La losa tiene, en su cara inferior y a modo de terminación bajo las nervaduras (cara a la vista), planchas de yeso - cartón RF de 15 mm de espesor.</p> <p>Esta configuración deja espacios libres en el interior de la losa, los cuales se han rellenado previamente con planchas planas de poliestireno expandido de 110 mm de espesor, con densidad media aparente de 10 kg/m³.</p> <p>Espesor total del elemento: 0,175 m.</p>
Institución :	C. A. T. S. A. S. A.

D.6.2 Losas de hormigón F - 90.

Elemento N°1 :	Losa 90 (Vigas Protegida c/ Mortero Blaze-Shield)
Descripción :	<p>El elemento de entrepiso está conformado por una losa de hormigón H25, con placa colaborante, apoyada sobre dos vigas de acero doble T, a 3 m aproximadamente entre ejes. Esta losa-placa-colaborante y las vigas de acero están protegidas con un mortero aislante térmico proyectado denominado “Blaze Shield”</p> <p>El espesor total del mortero en la losa es de 13,7 mm y el de las vigas es de 12,5 mm. La losa de hormigón con placa colaborante es de 3 x 4 m, total 12 m², y fue ensayada con carga de 1440 kilogramos a razón de 120 kg/m².</p> <p>La placa colaborante es ondulada y está hecha con planchas de acero zincado PV6 de 0,85 mm de espesor, quedando un mayor espesor de la losa de 114 mm y el espesor menor es de 64 mm. La losa contiene en su interior, una malla de acero tipo “Acma”, C92. Las dimensiones de las vigas de acero son: 250 x 100 x 8 x 5 mm de espesor. Las vigas se exponen al fuego por tres de sus caras. La masividad de las vigas es de 285 m⁻¹.</p> <p>El espesor mayor de este elemento de entrepiso es de 0,362 m y el menor de 0,137 m.</p>
Institución :	US MINERAL PRODUCTS/DBA ISOLATEK INTERNATIONAL,STANHOPE NEW JERSEY

D.6.3 Losas prefabricadas con viguetas de hormigón F - 120.

Elemento N°1 :	Losa Prefabricada Tralix 170 mm y F - 120
Descripción :	El elemento de entrepiso: losa nervada unidireccional, está conformada por un sistema de viguetas, de hormigón espaciadas cada 720 mm entre las cuales se instalan bovedillas de hormigón . Sobre este sistema prefabricado, se instala una mallita tipo C - 92 , y un hormigón elaborado en obra de 60 mm de espesor de grado H-25 . Los componentes de la losa prefabricada, son: Vigueta V10 T-E Tralix, conformada por un terlix que a su vez lo componen un reticulado electrosoldado en acero AT56-50H , un fierro de diámetro 8 + 2 fierros de diámetro 7, longitudinales de peso aproximado a 16 kg/m, cada una. Esta vigueta la conforman una placa base de hormigón , la cual define el fondo de la losa. Bovedilla Tralix, elemento hueco, confeccionado en hormigón y con medidas de 580 x 200 x 110 mm y un peso de 16 kg. Sobrelosa de Hormigón de 60 mm de espesor, fabricada en obra con hormigón grado H-25 . Malla en acero tipo C-91 de fierro 4,2 mm de diámetro distanciado a 150 mm ortogonal Las dimensiones de la losa son: 4,8 x 4,05 0,017 m. El espesor de este elemento de entrepiso es de 0,017 m
Institución :	COMPAÑIA PREFABRICADORA DE LOSAS S.A.-TRALIX S.A.

Elemento N°2 :	Bovedillas de Hormigón y Vigueta Pretensa / F- 120
Descripción :	La losa está conformada por un sistema de viguetas de hormigón H-45 , espaciadas a 0,63 m, entre las cuales van instaladas bovedillas de hormigón de 475 x 150 x 190 x mm y de 17 kilogramos de peso cada una. Sobre las bovedillas va un hormigonado de 50 mm de espesor, armado con una mallita tipo ACMA C92 . El espesor mayor de este elemento de entrepiso es de 0,24 m.
Institución :	MULTICRET S. A.

D.6.4 Losas de hormigón con vigas protegidas F - 120.

Elemento N°1 :	Losa 120 - (y Vigas Protegida con Mortero Blaze-Shield) / F-120
Descripción :	El elemento de entrepiso está conformado por una losa de hormigón H25 , con placa colaborante de acero zincado PV6 , de 0,85 mm de espesor, apoyada sobre dos vigas de acero doble T de 300 x 150 x 8 x 6 mm, distanciadas a 3 m aproximadamente entre ejes. Esta losa – placa colaborante y las vigas de acero - está protegida con un mortero aislante térmico proyectado denominado “Blaze Shield” . El espesor total del mortero en la losa es de 13,7 mm y el de las vigas es de 12,5 mm . La losa de hormigón con placa colaborante es de 3 x 4 m, total 12 m ² , y fue ensayada con carga de 1440 kilogramos a razón de 120 kg/m ² . La placa colaborante es ondulada y está hecha con planchas de acero zincado PV6 de 0,85 mm de espesor , quedando un mayor espesor de 114 mm y el espesor menor es de 64 mm. La losa contiene en su interior, una malla de acero tipo “Acma”, C92 . Las dimensiones de las vigas de acero son: 250 x 100 x 8 x 5 mm de espesor, factor de masividad 285 m ⁻¹ . Las vigas se exponen al fuego por tres de sus caras. La masividad de las vigas es de 253 m ⁻¹ . El espesor mayor de este elemento de entrepiso es de 0,4237 m y el menor de 0,1197 m.
Institución :	US MINERAL PRODUCTS / DBA ISOLATEK INTERNATIONAL, STANHOPE NEW JERSEY

Elemento N°2 :	Bovedillas de Hormigón y Vigüeta Pretensa / F- 120
Descripción :	La losa está conformada por un sistema de vigüetas de hormigón H-45 , espaciado a 0,63 m, entre las cuales van instaladas bovedillas de hormigón de 475 x 150 x 190 x mm y de 17 kilogramos de peso cada una. Sobre las bovedillas va un hormigonado de 50 mm de espesor, armado con una malla tipo ACMA C92 . El espesor mayor de este elemento de entepiso es de 0,24 m.
Institución :	MULTICRET S. A.

D.6.5 Entepiso de madera protegidas F – 60.

Elemento N°1 :	Entepiso Madera FDI Corfo-Fundación Chile
Descripción :	Elemento de construcción destinado a entramado de entepiso para edificios, formado por dos estructuras de pino radiata , separadas entre sí por medio de listones de 42 x 90 mm. La estructura inferior del entepiso está forrada por una de sus caras con yeso-cartón R F de 15 mm de espesor (cielo del entepiso). La otra cara la constituye un tablero contrachapado fenólico de 7 mm de espesor . Las vigas están separadas a eje cada 0,6 m y su sección transversal es de 42 x 90 mm. La estructura superior del entepiso está cubierta por una de sus caras con un tablero contrachapado fenólico de 16 mm de espesor (piso del entepiso). La otra cara, que queda hacia la estructura inferior, la constituye un tablero contrachapado fenólico de 7 mm de espesor. Las vigas tienen una separación de 0,4 m, entre ejes y su sección transversal es de 42 x 190 mm. El espesor total del entepiso es de 0,357 m.
Institución :	FUNDACION CHILE

Elemento N°2 :	Entepiso Madera Promatect - H 60
Descripción :	Elemento de construcción destinado a entramado de entepiso para edificios, cuyo piso está conformado por un machihembrado de madera de pino radiata de 110 x 20 mm de espesor, el cual está sostenido por una estructuración de pino de 70 x 220 mm, y cuyas vigas van distanciadas cada 0,5 m entre ejes. El cielo está constituido por una plancha de fibrosilicato “Promatect H” de 8 mm de espesor . Entre la estructuración de madera y el cielo va una faja de fibrosilicato de 8 mm de espesor . Todo el conjunto está unido por medio de clavos. Los espacios libres resultantes están rellenos con lana mineral, cuya densidad media aparente es de 80 kg/m³, y el espesor es de 50 mm . Espesor total del elemento: 0,256 m.
Institución :	PROMAT CHILE S. A.

D.6.6 Vigas protegidas con estuco.**D.6.6.1 Vigas protegidas con estuco F – 90.**

Elemento N°1 :	Cafco - Blaze Shield II 90
Descripción :	Viga de acero estructural doble T de 250 x 100 x 8 x 5 mm, de masividad 285 m ⁻¹ . Protegidas con hormigón liviano a base a fibras minerales, denominado “Blaze Shield”, de 12,5 mm de espesor promedio, como aislante térmico proyectado. Las vigas soportan una losa de hormigón de 12 m ² , colocada horizontalmente, con una carga de 1440 kilogramos. No debe quedar ningún lugar de sus caras sin proteger. La sección final de estas vigas protegidas es de 0,1625 x 0,125 m.
Institución :	U.S. MINERAL PRODUCTS/DBA ISOLATEK INTERNATIONAL, STANHOPE, N. YERSEY

Elemento N°2 :	Igniplaster Plus 90
Descripción :	Viga de acero estructural doble T de 200 x 100 x 10 x 5 mm, de masividad 238 m ⁻¹ . Protegidas con un mortero denominado “Igniplaster Plus”, de 30 mm de espesor promedio, el cual está compuesto por ligantes hidráulicos, áridos ligeros y aditivos especiales. Las vigas soportan una losa de hormigón de 12 m ² , colocada horizontalmente. No debe quedar ningún lugar de sus caras sin proteger.
Institución :	PROMAT CHILE S. A.

D.6.6.2 Vigas protegidas con estuco F – 120.

Elemento N°1 :	Cafco - Blaze Shield II 120
Descripción :	Viga de acero estructural doble T de 300 x 150 x 8 x 6 mm, de masividad 253 m ⁻¹ . Protegidas con hormigón liviano que contiene fibras minerales, denominado “Blaze Shield”, de 23,7 mm de espesor promedio, como aislante térmico proyectado. Las vigas soportan una losa de hormigón de 12 m ² , colocada horizontalmente, con una carga de 1440 kilogramos. No debe quedar ningún lugar de sus caras sin proteger. La sección final de esta viga protegidas es de 0,3237 x 0,1974 m.
Institución :	U.S. MINERAL PRODUCTS/DBA ISOLATEK INTERNATIONAL, STANHOPE, N. YERSEY

D.7 Elementos Inclinados. (ref. 22)**D.7.1 Techumbre protegida F - 15.**

Elemento N°1 :	Techumbre Superboard, Cielo 6 mm F - 15
Descripción :	<p>Elemento de techumbre para edificios, constituida por una estructuración de madera de pino radiata con cerchas de 25 x 100 mm - distanciadas a 0,75 m - a eje, costaneras de 50 x 50 mm - distanciadas cada 1,0 m - a eje y listoneados de 50 x 50 mm - distanciados a 0,6 m - a eje. Las cerchas sostienen un cielo formado con planchas de fibro-cemento "Superboard" de 6 mm de espesor, por medio de tornillos de 25 x 8 mm.</p> <p>Sobre estas planchas existe una aislación térmica de lana mineral (colchoneta con papel por una cara de sus caras), cuya densidad media aparente es de 40 kg/m³ y el espesor de 50 mm. La cubierta está conformada por planchas onduladas de fibro-cemento (gran onda) de 4,5 mm de espesor.</p> <p>La altura de la cercha es de 1,0 m</p>
Institución :	SOCIEDAD INDUSTRIAL PIZARREÑO S. A.

Elemento N°2 :	Techumbre Romeral, Cielo 10 mm normal, F - 15
Descripción :	<p>Elemento de techumbre para edificios, constituida por una estructuración de madera de pino radiata con cerchas de 25 x 100 mm - distanciadas a 0,75 m - a eje, costaneras de 50 x 50 mm - distanciadas cada 0,4 m - a eje y listoneados de 50 x 50 mm - distanciados a 0,4 m - a eje. Las cerchas sostienen un cielo formado con planchas de yesso-cartón "Gyplac" de 10 mm de espesor por medio de tornillos de 25 x 8 mm.</p> <p>Sobre estas planchas va una aislación térmica de lana mineral (colchoneta con papel por una cara de sus caras), cuya densidad media aparente es de 40 kg/m³ y el espesor de 50 mm.</p> <p>La cubierta está conformada por planchas onduladas de fibro-cemento (onda estándar) de 4 mm de espesor y una cumbrera metálica tipo C de 100 x 50 x 1 mm.</p> <p>La altura de la cercha es de 1,1 m.</p>
Institución :	SOCIEDAD INDUSTRIAL ROMERAL S. A.

Elemento N°3 :	Techumbre Volcán, Cielo 10 mm, Aislan Glass F -15
Descripción :	<p>Elemento de techumbre para edificios, constituida por una estructuración de madera de pino radiata con cerchas de 25 x 100 mm doble - distanciadas a 0,75 m - a eje, costaneras de 50 x 50 mm - distanciadas cada 0,4 m - a eje y listoneados de 50 x 50 mm - distanciados a 0,4 m - a eje. Las cerchas sostienen un cielo formado con planchas de yesso-cartón "Volcanita" de 10 mm de espesor por medio de tornillos de 25 x 8 mm.</p> <p>Sobre estas planchas va una aislación térmica de lana de vidrio (pañó continuo), "Aislan Glass" cuya densidad media aparente es de 14 kg/m³ y el espesor de 50 mm.</p> <p>La cubierta está conformada por planchas onduladas de fibro-cemento (onda estándar) de 4 mm de espesor y una cumbrera metálica tipo C de 100 x 50 x 4 mm.</p> <p>La altura de la cercha es de 1,1 m.</p>
Institución :	COMPAÑÍA INDUSTRIAL EL VOLCÁN

Elemento N°4 :	Techumbre Madera, Achipex F - 15
Descripción :	Elemento de techumbre para edificios, constituida por una estructuración de madera de pino radiata con cerchas de 25 x 100 mm, doble - distanciadas a 0,75 m - a eje, costaneras de 50 x 50 mm - distanciadas cada 0,4 m - a eje y listoneados de 50 x 50 mm - distanciados a 0,4 m - a eje. Las cerchas sostienen un cielo formado con planchas de yeso-cartón "R F" de 12,5 mm de espesor por medio de tornillos de 25 x 8 mm, planchas que tienen su juntura sellada. Sobre estas planchas va una aislación térmica de poliestireno expandido, cuya densidad media aparente es de 10 kg/m³ y el espesor es de 0,08 m. La cubierta está conformada por planchas onduladas de fibro-cemento (onda estándar) de 4 mm de espesor y una cumbrera metálica tipo C de 100 x 50 x 6 mm. La altura de la cercha es de 1,1 m.
Institución :	ASOCIACION CHILENA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, ACHIPEX

Elemento N°5 :	Techumbre Termoaislante, F - 15
Descripción :	Elemento de techumbre para edificios, constituida por una estructuración de madera de pino radiata con cerchas de 25 x 100 mm, doble - distanciadas a 0,75 m - a eje, costaneras de 50 x 50 mm - distanciadas cada 0,4 m - a eje y listoneados de 50 x 50 mm - distanciados a 0,4 m - a eje. Las cerchas sostienen un cielo formado con planchas de yeso-cartón "R F" de 12,5 mm de espesor por medio de tornillos de 25 x 8 mm, planchas que tienen su juntura sellada. Sobre estas planchas va - confinado entre cerchas - una aislación térmica de poliestireno expandido, cuya densidad media aparente es de 10 kg/m³ y el espesor es de 80 mm. Tiene además, un tapacán de yeso-cartón de 10 mm de espesor. La cubierta está conformada por planchas onduladas de fibro-cemento (onda estándar) de 4 mm de espesor y una cumbrera metálica tipo C de 100 x 50 x 6 mm. La altura de la cercha es de 1,1 m.
Institución :	ENVASES TERMOAISLANTES S. A.

Elemento N°6 :	Techumbre Basf Chile, F - 15
Descripción :	Elemento de techumbre para edificios, constituida por una estructuración de madera de pino radiata con cerchas de 25 x 100 mm, doble - distanciadas a 0,75 m - a eje, costaneras de 50 x 50 mm - distanciadas cada 0,4 m - a eje y listoneados de 50 x 50 mm - distanciados a 0,4 m - a eje. Las cerchas sostienen un cielo formado con planchas de yeso-cartón "R F" de 12,5 mm de espesor por medio de tornillos de 25 x 8 mm, planchas que tienen su juntura sellada. Sobre estas planchas va - confinado entre cerchas - una aislación térmica de poliestireno expandido, cuya densidad media aparente es de 10 kg/m³ y el espesor es de 80 mm. Tiene además, un tapacán de yeso-cartón de 10 mm de espesor. La cubierta está conformada por planchas onduladas de fibro-cemento (onda estándar) de 4 mm de espesor y una cumbrera metálica tipo C de 100 x 50 x 6 mm. La altura de la cercha es de 1,1 m.
Institución :	BASF CHILE S. A.

D.7.2 Techumbre protegida F - 30.

Elemento N°1 :	Techumbre - Cielo Metalcón Cintac
Descripción :	<p>Elemento de techumbre para edificios, constituida por una estructuración metálica, hecha con perfiles de acero galvanizado liviano (SISTEMA Metalcón).</p> <p>Las cerchas y diagonales de esta estructuración son de 90 x 38 x 12 x 0,85 mm, Tegal normal, sostienen una cubierta de fibro-cemento de onda estándar, de 3,5 mm de espesor. Distancia entre cerchas 0,8 m a eje. El cielo está constituido por una plancha de yeso-cartón R F de 12,5 mm de espesor, la que va atornillada a una estructura de cielo, "Cigal Portante" hecha con perfiles de 35 x 19 x 0,5 mm, distanciados cada 0,4 m entre ejes.</p> <p>Sobre el cielo de yeso-cartón va una aislación térmica de lana mineral cuyo espesor es de 50 mm y la densidad media aparente es de 40 kg/m³. La techumbre de 12 m², tiene una pendiente de 20°. La altura de la cercha es de 1,0 m.</p>
Institución :	CINTAC S. A.

Elemento N°2 :	Techumbre Owens Corning estándar
Descripción :	<p>Elemento de techumbre para edificios, constituida por seis dobles cerchas de pino de 25 x 100 mm, afianzadas entre sí por medio de clavos -distanciadas a 0,8 m- a eje aprox., costaneras de 50 x 50 mm - distanciadas cada 0,4 m - a eje y perfiles metálicos galvanizados a modo de listoneados en forma de "Omega" de 0,5 mm de espesor - distanciados a 0,4 m - a eje. Las cerchas sostienen un cielo formado con planchas de yeso-cartón tipo R F de 12,5 mm de espesor, por medio de tornillos.</p> <p>Sobre estas planchas existe una aislación térmica formada por colchonetas de fibra de vidrio "Owens Corning" cuya densidad media aparente es de 13,1 kg/m³ y el espesor de 50 mm, cubriendo toda la superficie del cielo.</p> <p>La cubierta está conformada por tejas asfálticas serie classic "Owens Corning", colocadas sobre un tablero de madera terciada de 10 mm de espesor. Entre las tejas y el tablero terciado va una lámina de papel fieltro.</p> <p>La altura de la cercha es de 1,10 m.</p>
Institución :	TRANSANDINA DE COMERCIO S. A., TRANSACO

Elemento N°3 :	Techumbre Metal, Cielo Volcanita RF 12,5 mm
Descripción :	<p>Elemento de techumbre para edificios, constituida por una estructuración metálica, hecha con perfiles de acero galvanizado liviano (Sistema Metalcón).</p> <p>Las cerchas y diagonales de esta estructuración sostienen una cubierta de fibro-cemento de onda estándar, cuyo espesor nominal es de 4,0 mm. Las dimensiones de las cerchas son de perfil Tegal normal 90 x 38 x 12 x 0,85 mm; las diagonales son de Tegal Diagonal 40 x 38 x 8 x 0,85 mm.</p> <p>El cielo de esta techumbre está formado por una plancha de yeso-cartón R F "Volcanita" de 12,5 mm de espesor la que va atornillada a una estructura de cielo hecha con perfiles de acero "Cigal portante" de 35 x 19 x 11,5 x 0,5 mm.</p> <p>Sobre el cielo de yeso cartón va una aislación térmica de lana de vidrio "Aislan Glass", tipo rollo libre - paño continuo - de 80 mm de espesor y una densidad media aparente de 14 kg/m³.</p> <p>La cubierta tiene como costaneras metálicas galvanizadas perfiles tipo "Omega", de 40 x 25 x 8 x 0,5 mm distanciadas a 0,4 m a eje, y lleva cumbrera de fierro galvanizado de 0,5 mm de espesor.</p> <p>La altura de la cercha es de 1,1 m.</p>
Institución :	COMPAÑÍA INDUSTRIAL EL VOLCÁN S. A

Elemento N°4 :	Techumbre "Zinc-Alum / F - 30 "
Descripción :	<p>Elemento de techumbre para edificios, constituida por una estructura de madera de pino radiata con cerchas de 25 x 100 mm - distanciadas a 1,2 m - a eje, costaneras de madera de 50 x 50 mm, doble -distanciadas cada 0,4 m - a eje, y listoneados de 50 x 50 mm - distanciados a 0,5 m - a eje. Las cerchas sostienen un cielo formado con planchas de yeso-cartón tipo estándar de 15 mm de espesor, por medio de tornillos de 25 x 8 mm, planchas que tienen su junta sellada.</p> <p>Sobre estas planchas va - confinado entre cerchas - un aislamiento térmico de lana de mineral de 50 mm y densidad media aparente de 40 kg/m³. Tiene además, un tapacán de plancha metálica de 0,5 mm de espesor.</p> <p>La cubierta está conformada por planchas onduladas de fierro Zinc-Alum Toledano de 0,35 mm de espesor y una cumbrera metálica tipo caballete de 0,35 x 2 m.</p> <p>La altura de la cercha es de 2,0 m. No se aplicó carga.</p>
Institución :	COMPAÑIA SIDERÚRGICA HUACHIPATO S. A.

Elemento N°5 :	Techumbre Metalframe STR Aluzinc e = 0,5 mm / F- 30
Descripción :	<p>Elemento de techumbre para edificios, constituida por una estructura metálica con perfiles de acero galvanizado (Sistema Metalframe STR. Las cerchas y diagonales de esta estructuración sostienen una cubierta de acero liso "Aluzinc", cuyo espesor nominal es de 0,5 mm, y una cumbrera metálica tipo caballete Aluzinc de 0,5 mm de espesor.</p> <p>Transversal a las cerchas se ha colocado una perfilera de acero Metalframe tipo Omega (Q) de 35 x 19 x 8 x 0,5mm, distanciadas entre ejes cada 0,4 m, aproximadamente.</p> <p>Sobre esta perfilera va una aislamiento térmica de lana de vidrio Aislan Glass, R/188, tipo rollo libre, (paño continuo) de 80mm, de espesor y una densidad media aparente de 14 kg/m³. Bajo esta perfilera va un cielo de yeso - cartón tipo RF de 12,5 mm de espesor, atornillado.</p> <p>Las cerchas son de perfil estructural Metalframe STR tipo C de 90 x 40 x 8 x 0,85 mm. Las diagonales son perfiles Metalframe STR tipo Omega (Q) 40 x 40 x 8 x 0,85. Las costaneras son perfiles Metalframe STR tipo Omega (Q) de 40 x 25 x 15 x 8 x 0,85 mm La cubierta está conformada por planchas lisas de acero Aluzinc de 0,5 mm de espesor</p> <p>La altura de la cercha es de 1,0 m.</p>
Institución :	HUNTER DOUGLAS Chile S. A.

Elemento N°6 :	Techumbre Knauf / Cielo P-Y Knauf Std.15mm / lana vidrio / F - 30 / Modulado a 0,5 m
Descripción :	<p>Elemento de techumbre para edificios, constituida por una estructura metálica, hecha con perfiles de acero liviano.</p> <p>Las cerchas y diagonales de esta estructuración sostienen una cubierta de fibrocemento de onda estándar, cuyo espesor nominal es de 4 mm. Dimensiones en perfil Tegal normal 90 x 38 x 12 x 0,85. El cielo de esta techumbre está formado por una plancha de yeso - cartón Knauf RF de 12,5 de espesor, atornillada a una estructura hecha con perfiles de acero F-47 de 0,6 mm de espesor , ubicados en forma perpendicular a las cerchas y colgados de éstas por medio de conectores F-47 y cuelgues regulares F-47 ubicados cada 0,5 m.</p> <p>Las juntas de las placas de yeso-cartón son selladas con cinta de papel microperforado y masilla para juntas "Fugenfüller" de Knauf. Sobre el cielo de yeso-cartón va una aislamiento térmica de lana de vidrio, tipo rollo papel una cara, R141 de 60 mm de espesor.</p> <p>La cubierta tiene como costaneras metálicas galvanizadas perfiles tipo Omega, de 40 x 25 x 15 x 8 x 0,5 mm, distanciados a 0,6 m a eje.</p> <p>La altura de la cercha: 0,8 m. No se aplicó carga</p>
Institución :	KNAUF - RICHTER SYSTEM Chile