3.4



Manual del BOMBERO
Fenómenos Naturales y Antrópicos
Operaciones de Ayudas Técnicas

3.4 Principios de construcción y estabilización de estructuras

arkaute
akademia

Manual del BOMBERO
Fenómenos Naturales y Antrópicos
Operaciones de Ayudas Técnicas

3.4 Principios de construcción y estabilización de estructuras

arkaute
akademia

TÍTULOS DE LA COLECCIÓN MANUAL DEL BOMBERO

Volumen 1 Operaciones de salvamento

1.1 Rescate en accidentes de tráfico
1.2 Trabajos y rescates en altura
1.3 Rescate acuático en superficie
1.4 Urgencias sanitarias para bomberos

Volumen 2 Control y extinción de incendios

2.1 Principios de lucha contra incendios
2.2 Incendios en interiores
2.3 Incendios forestales
2.4 Prevención de incendios

Volumen 3 Fenómenos naturales y antrópicos. Operaciones de ayudas técnicas

3.1 Riesgos naturales
3.2 Riesgo en accidentes con materias peligrosas
3.3 Redes de distribución e instalaciones
3.4 Principios de construcción y estabilización de estructuras

Volumen 4 Uso de recursos operativos

4.1 Equipos de protección respiratoria
4.2 Medios de extinción. Operaciones e instalaciones con mangueras
4.3 Bombas. Hidráulica básica para bomberos
4.4 Vehículos de los S.P.E.I.S
4.5 Manejo de herramientas y equipos

Volumen 5 Organización y desarrollo profesional

5.1 El Sistema Vasco de Atención de Emergencias
5.2 Seguridad y salud laboral
5.3 Aspectos legales de la intervención. Responsabilidades, deberes y derechos
5.4 Psicología de emergencias

Edición:	Junio 2011.
Tirada:	1.800 ejemplares.
©	Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco.
	Departamento de Interior.
Internet:	www.arkauteakademia.euskadi.net
Edita:	Academia de Policía del País Vasco.
	Carretera Gasteiz-Irún Km. 5. 01192 Arkaute - Álava.
Dirección proyecto:	**Hilario Sein Narvarte**. *Asesor de la Academia de Policía del País Vasco.*
Autores:	**Alberto de la Fuente Valles**. *Bombero del Servicio de Extinción de Incendios de la Diputación Foral de Gipuzkoa* **(Principios de Construcción). Hipólito Poza Salas.** *Suboficial del Área 1 del Servicio de Intervención y Gestión de Parques de Bomberos. Diputación Foral de Gipuzkoa* **(Estabilización de estructura**
Coordinación Editorial:	**Javier Elorza Gómez**. *Subinspector del Servicio de Extinción de Incendios y Salvamento de la Diputación Foral de Bizkaia.*
Diseño:	Bell Comunicación, S. Coop.
Impresión:	Centro Gráfico Ganboa
ISBN de la Obra Completa:	978-84-615-1638-4 / ISBN del Volumen 3: 978-84-615-1635-3 / ISBN de este libro: 978-84-615-1731-2
D.L.:	SS-940-2011

Aurkezpena

Niretzat aparteko ohorea da Suhiltzaileen eskuliburua bezalako argitalpen liburu bat aurkeztea. Aspalditik, larrialdiekin zerikusia duten profesionalek asko hitz egin dute "euskarazko eskuliburu" baten inguruan. Izan ere, etorkizuneko suhiltzaileentzat eta elkargo osoarentzat liburu hori zen erreferentzia liburua.

"Hasierako edo lehen liburu hori" Eusko Jaurlaritzako Larrialdien Zuzendaritzan argitaratu zen; hain zuzen ere, niretzat urte askotan lanean harrotasunez ibilitako tokia. Nire ibilaldi profesional luze honetan ziurtatu ahal izan dut "euskarazko eskuliburua" guztiek errespetatu duten tresna bat izan dela.

Eskuliburu berri honetan aurrekoaren mamia agertzen bada ere, hau askoz gehiago da. XXI. mendearen beharrizanei erantzuten die. Eta, Arkauteko Ikastegiko zuzendaria naizen aldetik, nire gogobetea adierazten dut guztiek egindako lanagatik.

Ertzaintzaren sorreran ospe handia gordetzen duen Ikastegia da gurea eta, segurtasunean eta larrialdietan prestakuntza osoa ematera bideratutako Ikastegia dugu.

Eta azken esparru honetan, denbora marka baten barruan, luzaroan etsi-etsian oroitutako egitasmo bat bete ahal izan dugu: eguneratutako eta maila tekniko altuko Suhiltzaileen eskuliburu bat izatea, gizarteak arriskuaren aurrean dituen beharrizanak eta betekizunak erantzun behar izateko, gero eta konplexuago eta teknifikatuago dagoen lanbide baterako.

Ikastegiaren bateratzeko zeregina ere nabarmendu behar dugu. Udaletakoak, Aldundietakoak eta Partzuergoetakoak diren Suhiltzaileen Zerbitzuen egituratzeak berak ezinbestekoa egiten du guztien erantzukizunak eta ahaleginak biltzean etengabeko ahalegina eta ahalegin tinkoa izatea.

Eskuliburu hau talde-lanaren emaitza da, Euskadiko Suhiltzaileen Zerbitzu guztien lankidetza izan dugun lanaren emaitza. Lan horretan izan dira ondorengoak: Bilboko suhiltzaileak, Vitoria-Gasteizkoak, Donostia-San Sebastiángoak, Bizkaikoak, Gipuzkoakoak eta Arabakoak; baita ere, Eusko Jaurlaritzako Larrialdi Zerbitzuetako kideak eta egiaztatutako adituak.

Eta garrantzitsuagoa duguna, egileen konpromisoa nabarmendu nahi dut, inolako interesik gabe euren onena, jakinduria eta eskarmentua eman baitizkiote elkargo osoari.

Kalitate handiko lana eskaintzen dizuegula uste dugu. Lan honekin gozatzea espero dugu.

Presentación

Presentar un libro como esta edición del Manual de Bomberos es para mí un honor especial. Desde hace muchos años, todos los profesionales relacionados con las emergencias han hablado del "manual vasco". Era el libro de referencia para los futuros bomberos y también de ayuda para todo el colectivo profesional.

Este "libro de cabecera" se editaba en la Dirección de Emergencias del Gobierno Vasco, en la que he tenido el orgullo de trabajar durante muchos años. En mi amplia trayectoria profesional he podido comprobar cómo el "manual vasco" era respetado por todos.

Este nuevo manual lleva la esencia del anterior, pero va mucho más allá. Responde a las necesidades del siglo XXI. Y como Directora de la Academia de Arkaute me siento satisfecha del trabajo que entre todos hemos llevado a cabo.

Una Academia que atesora un reconocido prestigio en la creación de la Ertzaintza, camina hacia la formación integral en seguridad y emergencias.

Y es en este último campo donde, en un tiempo récord, hemos podido concretar un proyecto largamente añorado: disponer de un Manual de Bomberos actualizado y de alto nivel técnico, para una profesión cada vez más compleja y tecnificada, que debe responder a las exigencias y requerimientos de una sociedad frente al riesgo.

Hay que destacar el papel aglutinador de la Academia. La propia vertebración de los Servicios de Bomberos dependientes de Ayuntamientos, Diputaciones y Consorcios hace imprescindible un esfuerzo constante e intenso en la articulación de responsabilidades y esfuerzos comunes.

Este manual es el fruto de un trabajo coral, en el que hemos contado con la colaboración y la cooperación de todos los Servicios de Bomberos de Euskadi: Bomberos de Bilbao, de Vitoria-Gasteiz, de Donostia-San Sebastián, de Bizkaia, de Gipuzkoa y de Araba, así como de miembros de los Servicios de Emergencia del Gobierno Vasco y contrastados expertos.

Y lo que es más importante, quiero destacar el compromiso de los autores que han participado desinteresadamente para dar lo mejor de sí mismos, su conocimiento y experiencia a todo el colectivo.

Confiamos en ofreceros un trabajo de gran calidad. Esperamos que disfrutéis con él.



Elena Moreno Zaldibar

Euskal Herriko Polizia Ikastegiaren Zuzendaria
Directora de la Academia de Policía del País Vasco

ÍNDICE

A. PRINCIPIOS DE CONSTRUCCIÓN 10

INTRODUCCIÓN 12

1. FUNDAMENTOS DE CONSTRUCCIÓN 13

1.1 REPRESENTACIONES GRÁFICAS 14
1.1.1 Unidades de medida 14
1.1.2 Escalas 15
1.1.3 Sistemas de representación 15
1.1.4 Levantamiento de croquis 16
1.1.5 Nociones elementales de topografía y cartografía 17

1.2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN 18
1.2.1 Comportamiento de los materiales en servicio. Durabilidad 18
1.2.2 Propiedades de los materiales 19
1.2.3 Resistencia de los materiales 20
1.2.4 Clasificación y tipos de materiales 21

1.3. TERRENOS 23
1.3.1 Tipos de terrenos 23
1.3.2 Excavaciones y movimientos de tierras 24
1.3.3 Taludes 24
1.3.4 Entibaciones 25

1.4. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN 26
1.4.1 Acciones permanentes 26
1.4.2 Acciones variables 27
1.4.3 Acciones accidentales 27
1.4.4 Tensión de trabajo y de rotura. Coeficiente de seguridad 28

1.5. ESTRUCTURA Y ELEMENTOS DE LOS EDIFICIOS 29
1.5.1 Estructura de los edificios 29
1.5.2 Cimentación 30
1.5.3 Estructura vertical 31
1.5.4 Forjados y estructura horizontal 33
1.5.5 Cubiertas y cerchas 36

1.6. OTROS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES 38
1.6.1 Tabiquería 38
1.6.2 Fachadas ventiladas 39
1.6.3 Aberturas. Puertas y ventanas 40
1.6.4 Escaleras 40

2. EL FUEGO Y LOS EDIFICIOS 41

2.1 CONSTRUCCIÓN Y RIESGOS 42

2.2 REACCIÓN AL FUEGO 42

2.3 RESISTENCIA AL FUEGO 43

2.4 PROTECCIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS 44

2.5 SOLICITACIONES PRODUCIDAS POR EL FUEGO 45

2.6 EFECTOS Y COMPORTAMIENTO DE LOS EDIFICIOS EN LOS INCENDIOS 46
2.6.1 Estructuras metálicas 47
2.6.2 Estructuras de hormigón armado 49
2.6.3 Estructuras de madera 51
2.6.4 Muros de carga 52

2.7 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD 54
2.7.1 La seguridad en intervenciones de fuego en edificios 54
2.7.2 Factores de riesgo en incendios de edificios 54
2.7.3 Riesgos originados por el fuego y los productos de la combustión 56
2.7.4 Riesgos originados por el edificio debido al efecto del fuego 60
2.7.5 Conclusiones finales 65

B. ESTABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS 67

1. LESIONES EN LOS EDIFICIOS 69

1.1 INTRODUCCIÓN 70

1.2 PROCESOS DEGENERATIVOS 70
1.2.1 Vicios de origen 70
1.2.2 Daños generados por agentes externos o internos 71
1.2.3 Degradación natural por envejecimiento de los materiales 71

1.3 CRITERIOS GENERALES SOBRE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA EDIFICACIÓN 71
1.3.1 Consideraciones sobre la seguridad en los edificios 71
1.3.2 El umbral de seguridad 72
1.3.3 Clasificación de las medidas de seguridad 72
1.3.4 Actuaciones de emergencia 73
1.3.5 Proceso de adopción de medidas de seguridad 73
1.3.6 Sistema estructural y constructivo 74

1.4 SÍNTOMAS Y SIGNOS INDICADORES DE RIESGO DE HUNDIMIENTO 74
1.4.1 Concepto de ruina 74
1.4.2 Clases de ruina 74
1.4.3 ¿Cómo saber si un edificio va a hundirse o no? 78
1.4.4 Ruidos característicos 78
1.4.5 Desprendimientos o pérdida de material 78
1.4.6 Deformaciones en los elementos constructivos 78
1.4.7 Grietas y fisuras 80

2. ACTUACIONES DE LOS S.E.I.S. EN ESTRUCTURAS COLAPSADAS 83

2.1 COLAPSOS DE EDIFICIOS 84
2.1.1 Tipos de colapsos de edificios 84

2.2. TRIAGE ESTRUCTURAL 87
2.2.1 Criterios a seguir para el triage estructural 87
2.2.2 Factores a considerar para el triage estructural 88

2.3 SISTEMAS DE BÚSQUEDA DE PERSONAS 88
2.3.1 Búsqueda física superficial 88
2.3.2 Búsqueda electrónica extendida 89
2.3.3 Búsqueda canina 89
2.3.4 Técnicas de llamada y escucha 89
2.3.5 Geófonos 90
2.3.6 Cámaras de visualización y comunicación 90
2.3.7 Búsqueda térmica 90

2.4 APEOS Y APUNTALAMIENTOS DE EMERGENCIA 91
2.4.1 Tipos de apuntalamientos 91

3. DESESCOMBRO Y SALVAMENTO EN DERRUMBES DE EDIFICIOS 99

3.1 CONSIDERACIONES 100

3.2 ANÁLISIS PREVIO 101

3.3 FASES OPERACIONALES 101
3.3.1 Asegurar la Escena 102
3.3.2 Evaluación Inicial de la Operación 102
3.3.3 Búsqueda y Localización 104
3.3.4 Acceso al Paciente 105
3.3.5 Estabilización del Paciente 110
3.3.6 Extracción del Paciente 110
3.3.7 Desmovilización 111
3.3.8 Reunión Posterior al incidente (RPI) 111

3.4 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD 111

3.5 CONDICIONES Y ACCIONES INSEGURAS 112

3.6 VÍAS DE ESCAPE 113

3.7 ZONAS SEGURAS 113

3.8 CLIMATOLOGÍA ACTUAL Y PREVISTA A CORTO PLAZO 113

3.9 PERSONAL DE RESCATE 113

3.10 ASISTENCIA SANITARIA Y ZONA DE SOCORRO 114

3.11 ZONA DE APOYO EN EL ENTORNO 114

4. SÍNDROME DE APLASTAMIENTO 115

4.1 CONCEPTO 116

4.2 ACTUACIÓN ANTE UN APLASTAMIENTO 116

4.2.1 Antes de la extracción de la persona atrapada 116

4.2.2 Después de la extracción de la persona atrapada 117



PRINCIPIOS DE CONSTRUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

Una gran parte de las intervenciones que realizan los Servicios de Extinción de Incendios tienen lugar en edificios y construcciones. Los siniestros pueden tener diferente naturaleza u origen como son los incendios, los salvamentos, las inundaciones, las explosiones, los derrumbamientos, etc., lo que obligará a una actuación específica en cada caso o situación.

Hasta hace no demasiados años, el perfil del personal que accedía a los Servicios de Bomberos estaba relacionado con alguno de los oficios de la construcción. En muchos servicios de bomberos era requisito ser albañil, encofrador, carpintero, electricista o fontanero para poder entrar a formar parte de la plantilla. Hoy en día, sin embargo, el perfil del personal que accede a los servicios de bomberos ha cambiado sustancialmente, pero no la necesidad de conocer el medio donde los bomberos realizan gran parte de sus actuaciones.

Tampoco se debe pasar por alto que un buen número de accidentes en nuestra profesión se producen en los edificios durante las tareas de extinción, asistencia técnica o rescate, debido fundamentalmente a los riesgos originados por el fuego y los productos de la combustión, o por los daños producidos a la estructura del edificio.

Por este motivo es importante que los bomberos dispongan de unos conocimientos básicos y elementales sobre construcción. Conocer los materiales y los elementos que definen las edificaciones, entender el comportamiento de los diferentes tipos de estructuras ante el fuego o identificar las lesiones que las amenazan y sus posibles efectos, nos ayudarán a realizar nuestro trabajo con mayor seguridad, garantía y eficacia.

Un aspecto fundamental de la construcción tiene que ver con la Prevención en la edificación. Ésta no solo afecta a aquellas medidas de protección pasiva y activa que deben cumplir los edificios y que deben ser contempladas desde la fase de proyecto del mismo. La prevención también debe aplicarse a la accesibilidad y condiciones del entorno de cara a una posible intervención de los Servicios de Extinción, e incluso a las normas de actuación de las personas que allí se encuentran en caso de incendio. No obstante, en este tema no se han incluido aspectos relacionados con la Prevención de incendios en los edificios, al haber otro que lo analiza de forma monográfica.

Por último, añadir que este texto básico sobre construcción no está dirigido ni pretende ser un tratado avanzado para mandos o personal técnico de los Servicios de Bomberos sino que intenta recoger y sintetizar unas nociones fundamentales que en materia de construcción debe tener un bombero y que puede serle de utilidad en el ejercicio de su oficio.

Sin embargo, no debemos olvidar que tratar de recopilar en un único manual de pocas páginas todos los conocimientos relacionados con la construcción que puedan resultar de interés para nuestra profesión, es una tarea complicada, si no imposible, al tratarse de un tema tan extenso, complejo y variado. Para ello, se han tenido que resumir, simplificar y obviar muchos aspectos relevantes que requieren un análisis y estudio en mayor profundidad.

1

FUNDAMENTOS DE CONSTRUCCIÓN

1.1 REPRESENTACIONES GRÁFICAS

1.2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

1.3 TERRENOS

1.4 ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN

1.5 ESTRUCTURA Y ELEMENTOS DE LOS EDIFICIOS

1.6 OTROS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

1. FUNDAMENTOS DE CONSTRUCCIÓN



1.1 REPRESENTACIONES GRÁFICAS

1.1.1 UNIDADES DE MEDIDA

Las unidades de medida que habitualmente más se usan en construcción son relativas a Longitud y Superficie. En el Sistema Internacional de Unidades la unidad de longitud es el metro. El metro ha tenido diferentes definiciones a lo largo de la historia, siendo la siguiente, la que permanece vigente desde 1983:

Metro = Distancia que recorre la luz en el vacío durante un intervalo de 1/299.792.458 de segundo.

Los múltiplos y submúltiplos de unidad de metro más utilizados son:

Kilómetro (km) = 1000 metros
Hectómetro (hm) = 100 metros
Decámetro (dam o Dm) = 10 metros
Decímetro (dm) = 0,1 metro
Centímetro (cm) = 0,01 metro
Milímetro (mm) = 0,001 metro

La Longitud es unidimensional, es decir, considera la magnitud de un elemento en una única dimensión. La Superficie, sin embargo, es bidimensional al considerar dos longitudes o dimensiones de un elemento: largura y anchura.

La unidad fundamental de superficie es el metro cuadrado (m^2).

Los múltiplos y submúltiplos del metro cuadrado más utilizados son:

Kilómetro cuadrado (km^2) = 1.000.000 m^2
Hectárea (ha) o hectómetro cuadrado (hm^2) = 10.000 m^2
Área o decámetro cuadrado (dam^2 ó Dm^2) = 100 m^2
Decímetro cuadrado (dm^2) = 0,01 m^2
Centímetro cuadrado (cm^2) = 0,0001 m^2
Milímetro cuadrado (mm^2) = 0,000001 m^2

En construcción, sin embargo, también es habitual encontrarse unidades de longitud dadas en otros sistemas de medidas, como por ejemplo, en pulgadas.

Una pulgada equivale a 25,4 milímetros.

La pulgada es comúnmente utilizada como medida estándar en distintos sectores de la industria, como por ejemplo en tuberías (de agua, de gas, y de calefacción), ruedas de vehículos, pantallas, monitores, componentes electrónicos, etc.

La pulgada se suele representar con una comilla doble (1"), aunque también son admitidas otras formas de abreviatura y representación: 1 pulg.; 1 plg. o 1 in.(del inglés *inch*).

A la hora de realizar submúltiplos de pulgada, esta se divide en mitades, siendo sus fracciones más comunes: 1/2"; 1/4"; 1/8"; 1/16"; 1/32"; 1/64"

1.1.2 ESCALAS

Cuando se hace una representación de un elemento u objeto en un plano y este es excesivamente grande o pequeño en comparación con el tamaño del plano, se suele reducir o ampliar el dibujo con una proporción adecuada.

La escala es la relación que existe entre la representación gráfica del objeto (dibujo) y el propio objeto en la realidad.

$$\text{Escala} = \frac{\text{Tamaño del dibujo}}{\text{Tamaño en la realidad}}$$

Sin embargo, para evitar manejar números no enteros y facilitar su uso, la escala se suele representar por medio de dos números separados por dos puntos, siendo uno de los dos números, el número uno.

Cuando la representación tiene las mismas dimensiones que el elemento en la realidad se llama escala natural, y se representa como 1:1.

Cuando la representación en el plano tiene menores dimensiones que el elemento en la realidad, se denomina **escala de reducción**. Estas escalas son las que se utilizan normalmente en construcción, debido al tamaño de los elementos.

Cuando el objeto a representar en el plano es muy pequeño o se necesita reflejar en el mismo algún detalle ampliado a un tamaño mayor del real, **se utilizan escalas de ampliación**. Las escalas de ampliación normalizadas más utilizadas son: 2:1; 5:1 y 10:1.

Por ejemplo, en un plano de escala 1:1000 (escala de reducción), el dibujo representado en el plano se encuentra reducido 1000 veces con respecto a su dimensión real. Esto supone que cada centímetro representado en el plano equivale a 1.000 cm en la realidad, o lo que es lo mismo, a 10 m.

Existen planos de todos los tamaños y de todas las escalas, aunque se suelen utilizar escalas normalizadas ajustadas al tamaño del plano y del lugar u objeto a representar.



Escalas más usuales empleadas en construcción.

1.1.3 SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN

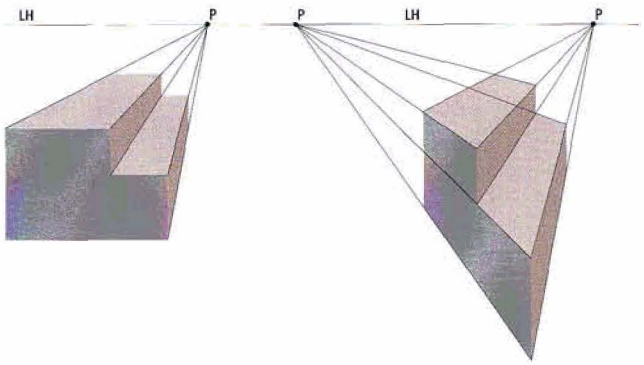
A la hora de representar un objeto en un plano, se pueden utilizar diferentes sistemas de representación. Estos sistemas estarán basados en el tipo de proyección que se haya empleado.

La proyección de un punto sobre un plano, es la intersección de una línea, que partiendo de un origen determinado, pasa por dicho punto hasta chocar con el plano de proyección.

De esta forma, la proyección de una figura o cuerpo sobre un plano se realiza trazando rectas, que pasando por todos los puntos de la figura, se prolongan hasta chocar con el plano de proyección, quedando la figura definida en él.

Hay dos diferentes clases de proyección:

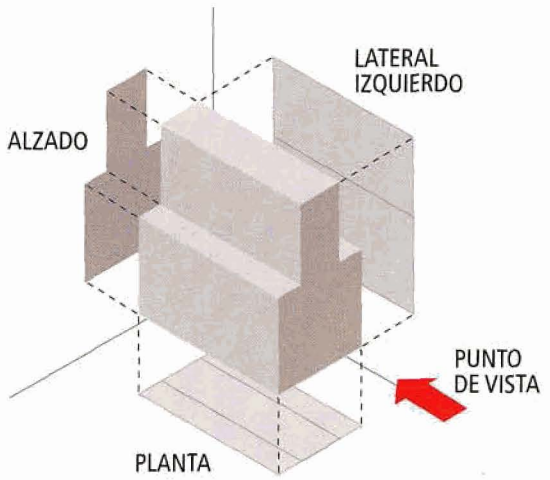
- **Proyección cónica:** cuando todas las líneas de proyección parten de un centro de proyección o punto de fuga (ojo del observador). Da idea de la profundidad y permite obtener representaciones de objetos con un resultado similar a como lo percibimos en la realidad. La proyección resultante se denomina perspectiva cónica y se utiliza en arquitectura y decoración.



Perspectiva cónica con uno y dos puntos de fuga.

- **Proyección cilíndrica:** Cuando el centro de proyección se supone situado en el infinito y las rectas de proyección son paralelas entre sí. La proyección cilíndrica ortogonal es la base de diferentes sistemas de representación, entre los que se encuentra el Sistema Diédrico.

En el Sistema Diédrico la forma general de un cuerpo se inscribe en un cubo o prisma de seis caras y su proyección se realiza sobre los planos ortogonales de un diedro.



Proyecciones y vistas en Sistema Diédrico.

A la proyección o representación de sus caras se les llama vistas y cada una de estas vistas recibe un nombre en particular:

- **Vista principal o alzado:** realizada desde la parte frontal del objeto

- **Vista lateral o perfil:** realizada desde el lateral del objeto

- **Vista superior o planta:** realizada desde la parte de arriba del objeto.

Al obtener las proyecciones de un objeto sobre un plano, las formas interiores quedan ocultas y no se ven. En estos casos se suele representar el objeto cortado imaginariamente por el lugar más adecuado que nos interese. Este tipo de vistas se denominan **corte o sección.**

1.1.4 LEVANTAMIENTO DE CROQUIS

Un croquis es un medio rápido de representación gráfica realizado a mano alzada sin instrumentos de dibujo. Aunque se realizan sin escala, se deben trazar con cierta relación de proporción de medidas. Además pueden contener o no cotas y medidas. Los croquis normalmente sirven de base para desarrollar dibujos o planos más precisos a posteriori.

Para los bomberos un croquis puede ser una herramienta muy útil, que aporta una visión gráfica general del lugar donde se desarrolla la intervención, cuando no se dispone de un plano de la edificación.

Saber realizar un croquis con rapidez y relativa precisión puede sernos de gran ayuda para la organización de los trabajos de rescate o extinción en múltiples situaciones o circunstancias, como:

- mostrar un esquema general, la forma y los accesos de una construcción

- definir unas zonas determinadas para distribuir los equipos de rastreo

- marcar la posición de una víctima o del foco de un incendio dentro de un edificio y trazar el camino hasta llegar a él

- señalar la ubicación de determinados productos relevantes, elementos dañados, zonas de peligro,...

- realizar un juicio crítico y posterior análisis de la intervención

- etc.

La mayor parte de los croquis los realizaremos representando la vista en planta de la edificación. A la hora de realizarlo, se debe intentar guardar las proporciones de las estancias, zonas delimitadas y otros objetos que representemos. También es conveniente indicar en el croquis todos aquellos elementos que consideremos importantes o relevantes para la intervención, como:

- accesos al edificio (entradas, vías de escape, escaleras de incendio,..)

- puertas y pasos que encontraremos en el transcurso de un recorrido

- puntos y elementos de riesgo o peligro (zonas inestables o derruidas, productos inflamables, escaleras, etc.)

- puntos singulares o elementos característicos que puedan servirnos de orientación dentro de la construcción.



Normalmente la persona que dibuja el croquis tiene un conocimiento previo del recinto o construcción que se va a representar. Sin embargo, a veces se dan situaciones donde es necesario dibujar un croquis sin conocer el lugar a representar, siguiendo las apreciaciones de otras personas que lo conocen y no pueden o no son capaces de hacerlo.

También puede darse el caso de que tengamos que hacerlo siguiendo las instrucciones dadas por otros bomberos a través de la radio o el teléfono.

En estas condiciones, la dificultad para realizar el croquis aumenta considerablemente y tendremos que poner en práctica nuestra habilidad para representar objetos y elementos a través de la visión espacial.

En estos casos, conviene empezar dibujando el perímetro y la forma general que tiene el lugar representado. Posteriormente, partiendo del lugar por donde pensamos realizar la entrada al recinto, haremos un recorrido virtual por el mismo e iremos definiendo y dibujando las puertas, estancias u otros elementos significativos que vayamos encontrando a nuestro paso.

1.1.5 NOCIONES ELEMENTALES DE TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA

La **Topografía** tiene por objeto la representación gráfica de una parte de la superficie terrestre, con sus formas y detalles tanto naturales como artificiales.

La Topografía se limita a representar zonas de pequeña extensión en las que la superficie terrestre de referencia puede considerarse plana. Para zonas de mayor extensión, no se puede prescindir de la curvatura terrestre, recurriéndose entonces a la **Geodesia** y la **Cartografía.**

La Topografía alcanza el estudio de la planimetría y de la altimetría.

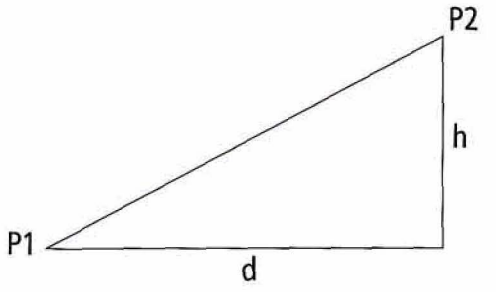
La **Planimetría** comprende la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana prescindiendo de su relieve.

La **Altimetría** comprende la representación de la altura o "cota" de cada punto respecto de un plano de referencia. Con la altimetría se consigue representar el relieve del terreno (planos de curvas de nivel, perfiles, etc.).

Se denomina **Cota** a la altura de un punto sobre una superficie de nivel sobre la que se trabaja. En España, cuando la altura de la superficie de nivel está referida al nivel medio del mar en Alicante, recibe el nombre de **Altitud**. La diferencia entre cotas o altitudes se denomina **Desnivel**. La **Nivelación** en topografía consiste en determinar el desnivel existente entre dos puntos

La **Pendiente** es la relación que existe entre la diferencia de altura y la distancia horizontal existente entre dos puntos.

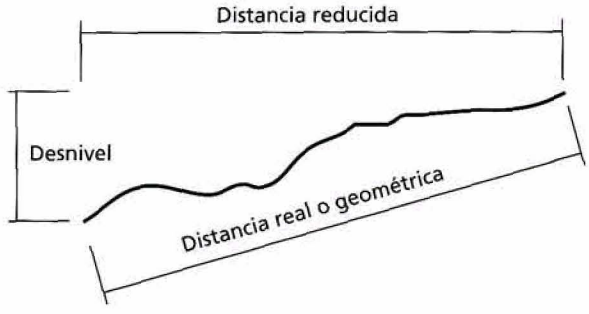
$$\textbf{Pendiente} = \frac{\textbf{Desnivel (diferencia de altura)}}{\textbf{Longitud horizontal}} = \frac{h}{d}$$



La pendiente se puede expresar de diferentes maneras:

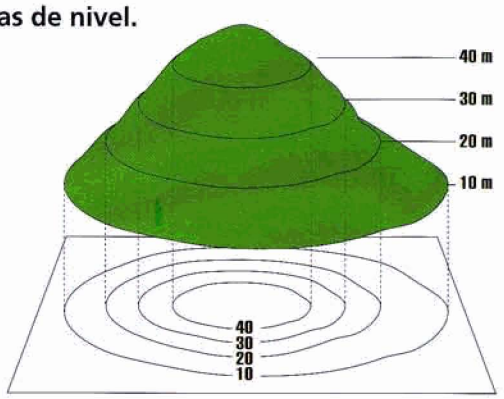
- Mediante un número (el resultado del cociente h/d)
- Mediante un ángulo en grados (el formado por la recta inclinada y la horizontal)
- Mediante un porcentaje (el resultado del cociente h/d x 100)

Cuando se habla de distancias es importante distinguir entre distancia reducida, distancia real y distancia-geométrica.



Los mapas topográficos utilizan el sistema de representación de planos acotados. En él la representación de un punto viene dada por su proyección horizontal y por su cota. Si unimos con unas líneas continuas e imagi-

narias todos los puntos de igual cota que pertenecen y definen una misma superficie de nivel obtenemos las **Curvas de nivel.**



Curvas de nivel.



La durabilidad de un material determinará su vida útil.

1.2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Se entienden como materiales de construcción todos aquellos productos, manufacturados o no, que en virtud de sus propiedades, se utilizan a lo largo del proceso constructivo.

Cada material de construcción tiene unas características y propiedades que lo hacen útil para cumplir determinadas funciones. Así por ejemplo, el hierro es un material apto para cubrir misiones resistentes, el corcho se utiliza como material aislante, el vidrio para cerramientos transparentes que permitan el paso de la luz y la visión, etc.

1.2.1 COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES EN SERVICIO. DURABILIDAD

Todos los materiales son susceptibles de cambio en determinadas condiciones. En general, la eficacia de un material depende del grado de estabilidad que éste mantiene durante su período de utilización.

Se define como **durabilidad de un material** a la cualidad de conservar un comportamiento satisfactorio y una apariencia estable, frente a los agentes de cambio que imponen sus condiciones reales de uso. Las alteraciones que se presentarán dependerán del tipo de cambio y de su extensión, así como de la concentración de la causa y del tiempo que esta actúa.

Algunos de estos agentes de cambio afectan poco a las propiedades de los materiales, mientras que otros las modifican totalmente. Así podemos distinguir dos tipos de cambios:

- **Cambios físicos:** Aquellos que solo suponen alteraciones en la organización interna de la estructura del material, limitándose generalmente a la forma o apariencia del mismo. En los cambios físicos la composición de la materia nunca se ve alterada, es decir, las sustancias puras que la componen, son las mismas antes y después del cambio. Por ejemplo: calentamiento, deformación, movimiento, etc.

- **Cambios químicos:** Aquellos en los cuales la estructura y composición de la materia resulta alterada. De unas sustancias iniciales se obtienen nuevas sustancias con propiedades diferentes. Los cambios químicos generalmente se producen acompañados de calor y cambios de volumen, y suelen ser permanentes e irreversibles. Ejemplo: combustión, oxidación de los metales, fraguado de los cementos, etc.



1.2.2 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

La ciencia que estudia las propiedades, clasificación y usos de los diversos tipos de materiales que existen se denomina **Ciencia de materiales.**

El comportamiento de los materiales queda definido por su estructura a nivel microscópico, ya que la estructura de sus átomos determina la naturaleza de los enlaces atómicos, y contribuye a su vez a fijar las propiedades de un material dado.

De forma general, las propiedades de los materiales se separan para su estudio en dos grandes grupos: propiedades físicas y propiedades mecánicas.

PROPIEDADES FÍSICAS

Dependen de la estructura del material y describen diversas características intrínsecas del mismo, como sus propiedades higroscópicas, eléctricas, térmicas, magnéticas y ópticas. Generalmente estas propiedades no se ven alteradas por fuerzas que actúan sobre el material.

Entre las propiedades físicas se pueden destacar:

- **Densidad:** Relación entre el peso de un cuerpo y su volumen. En los sólidos se distingue entre densidad aparente (cuando se considera el volumen de los poros) y densidad real (cuando se excluye el volumen de los poros).

- **Porosidad:** Relación entre el volumen de los huecos de un cuerpo y el volumen aparente total.

- **Absorción de agua:** Capacidad de un cuerpo de absorber agua hasta alcanzar el punto de saturación.

- **Capilaridad:** Propiedad que permite ascender a través de un material, un líquido que esté en contacto con sus caras.

- **Permeabilidad:** Propiedad que tienen los cuerpos de dejarse atravesar por los fluidos.

- **Cohesión:** Fuerza que mantiene unidas las moléculas de un cuerpo.

- **Adherencia:** Fuerza que mantiene unidas las moléculas de dos cuerpos diferentes en sus superficies de contacto.

- **Conductividad eléctrica:** Capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica a través del mismo, es decir, para permitir el paso de partículas eléctricas cargadas a través de su propio cuerpo. La propiedad inversa de la conductividad es la **Resistividad.**

- **Conductividad térmica:** Capacidad de conducción del calor de un material a través del mismo. Su propiedad inversa es la **Resistencia térmica**, definida como la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor.

- **Coeficiente de dilatación o dilatabilidad:** capacidad de modificación de las dimensiones de un material por efecto de la temperatura.



La fibra de vidrio es un material de muy baja conductividad térmica, por lo que resulta ser un buen aislante térmico.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Describen la forma en que un material soporta y se comporta ante la aplicación de fuerzas de diverso tipo, como fuerzas estáticas o dinámicas de tracción, de compresión, de impacto, cíclicas o de fatiga.

Las propiedades mecánicas se evalúan con exactitud mediante diferentes ensayos mecánicos.



Ensayo de dureza de un material con durómetro.

Dentro de las propiedades mecánicas destacar:

· **Elasticidad:** Capacidad de algunos materiales para recobrar su forma y dimensiones primitivas cuando cesa el esfuerzo que había originado su deformación.

· **Dureza:** Resistencia que opone un material, en virtud de su propia cohesión, a dejarse penetrar y rallar por otros.

· **Tenacidad:** Propiedad que tienen ciertos materiales de soportar, sin deformarse ni romperse, los esfuerzos bruscos que se les apliquen.

· **Fragilidad:** Capacidad de un material para fracturarse o quebrarse al aplicarles una fuerza exterior.

· **Plasticidad:** Aptitud de algunos materiales sólidos de adquirir deformaciones permanentes, bajo la acción de una presión o fuerza exterior, sin que se produzca rotura. Entre las variantes de la plasticidad se suelen diferenciar la **ductilidad**, que es la propiedad que poseen ciertos metales para poder estirarse en forma de hilos finos y la **maleabilidad**, que es la cualidad de transformar algunos metales en láminas delgadas.



El diamante es el material natural más duro que se conoce; sin embargo, resulta altamente frágil.

1.2.3 RESISTENCIA DE LOS MATERIALES

En la construcción de edificios es necesario, al objeto de asegurar su estabilidad, conocer los límites de las cargas que se pueden aplicar sin alcanzar la rotura de los elementos cargados. La ciencia que estudia estas propiedades y sus límites se denomina **Resistencia de materiales.**

Para una mejor comprensión de los fenómenos que se nos presentarán en la construcción, vamos a tratar brevemente algunos conceptos relacionados con esta materia.

· **Tensión (mecánica).** Estado de un cuerpo sometido a la acción de una o varias fuerzas. La tensión se expresa en unidades de presión, es decir, fuerza dividida entre área. Aunque en el Sistema Internacional la unidad de la presión es el Pascal (1 Pa = 1 N/m^2), es habitual en construcción e ingeniería expresarlo en kg/cm^2.

· **Deformación.** Todo cuerpo bajo tensión y en equilibrio sufre una deformación que será permanente o no en función de las características del material y de la magnitud de dicha tensión. Se originará una deformación elástica cuando la deformación desaparece al eliminar la carga que la origina. Se producirá una deformación permanente cuando ésta permanece y se mantiene al eliminar la carga que la ha originado.

· **Límite elástico.** Es el mayor esfuerzo o tensión que puede soportar un material sin que se produzca una deformación permanente en el mismo.

· **Resistencia a la compresión.** Oposición que ofrece un material a contraerse debido a la aplicación de una fuerza exterior.

· **Resistencia a la tracción.** Oposición que ofrece un material a estirarse debido a la aplicación de una fuerza exterior. Los cuerpos sometidos a tracción sufren estiramientos en función de la magnitud de fuerzas aplicadas y de la elasticidad del material.

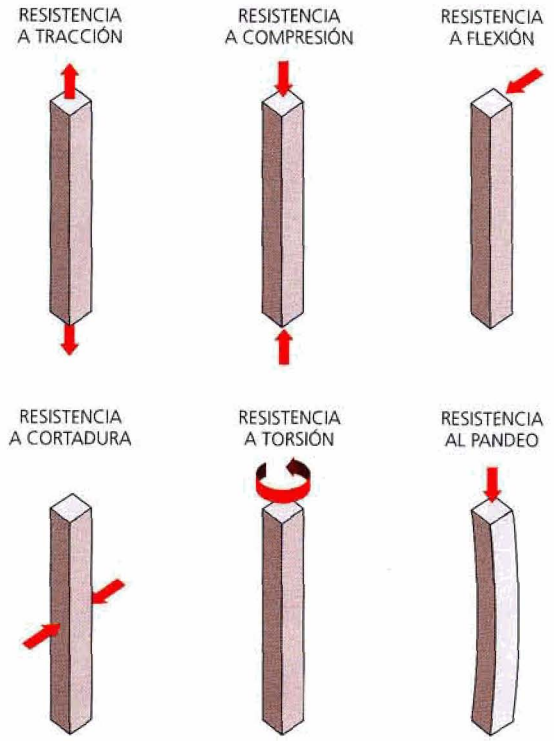
· **Resistencia a cizalladura o cortadura.** Oposición que ofrecen las moléculas de un material a seccionarse en un plano, por el efecto de una fuerza contenida en ese mismo plano. Este esfuerzo se caracteriza porque las partículas del material tienden a deslizarse por capas, unas respecto de las otras.

· **Resistencia a la flexión.** Oposición a deformarse que ofrece el material de una viga cargada con cargas perpendiculares a su eje o directriz. Es un esfuerzo complejo que consiste en una combinación de los esfuerzos de tracción y de compresión.

· **Resistencia a la torsión.** Oposición a deformarse que ofrece el material de una pieza sometida a un esfuerzo que provoque un giro alrededor de su eje longitudinal. En la torsión, sucesivos planos del elemento tienden a deslizarse de manera rotatoria con movimiento relativo unos de los otros.

· **Resistencia al pandeo.** Oposición a deformarse por flexión que ofrece el material de un pilar o elemento vertical debido al peso que soporta. El pandeo también puede ser debido a una excentricidad del punto de aplicación de la carga. El pandeo de un pilar será mayor cuanto más esbelto sea, es decir, cuanto mayor sea su

longitud y menor su sección.



· **Resistencia a la fatiga.** Oposición que ofrece un material a romperse bajo cargas dinámicas cíclicas (fuerzas de igual o diferente intensidad aplicadas repetidamente sobre el material). Bajo estas condiciones la rotura a fatiga se produce a un número de ciclos determinado, y a cargas inferiores a las cargas estáticas que producirían la rotura del material.

· **Resistencia al calor.** Propiedad que mantiene estable la resistencia de un material al aumentar su temperatura. En general, las características resistentes de los materiales disminuyen a medida que su temperatura aumenta. No se debe confundir este concepto con otros como la Resistencia térmica o la Incombustibilidad. La Resistencia al calor hace referencia a los cambios de resistencia mecánica que éste puede producir en los materiales. En cambio, la Resistencia térmica se refiere a la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor. En el caso de la Incombustibilidad, existen materiales, como el acero, que son incombustibles, pero al mismo tiempo son poco resistentes a altas temperaturas. Este concepto se tratará y desarrollará en mayor profundidad más adelante.

· **Resistencia al frío.** Propiedad que mantiene estable un material en caso de descenso de temperatura por debajo de 0°C. Las resistencias al calor y al frío obedecen a fenómenos físicos diferentes. En el caso de resistencia al frío se debe a la disgregación del material por congelación del agua intersticial y en el caso de la resistencia al calor, es debida a la pérdida de capacidad mecánica al alcanzar una temperatura determinada.

1.2.4 CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE MATERIALES

A la hora de clasificar los materiales de construcción, se pueden utilizar distintos criterios de clasificación. Así podemos agrupar los materiales según su origen, función, lugar de utilización en la obra, reacción al fuego o cualquier otro aspecto o cualidad que nos interese destacar.

Esto da lugar a diferentes tipos de clasificaciones, aunque posiblemente la que más nos afecta a los bomberos sea la realizada en función de su combustibilidad o de su reacción al fuego.

En construcción también es muy común clasificar los materiales en función de su origen o naturaleza. En tal caso, los materiales se pueden englobar en los siguientes grupos:

• **Pétreos naturales.** Están constituidas por la asociación de materiales y se encuentran en la naturaleza formando masas considerables. Por su origen geológico o proceso que han seguido para formarse, se clasifican en tres grandes grupos:

  · **Rocas magmáticas o eruptivas.** Formadas al enfriarse el magma (granitos, sienita, basalto,..)

  · **Rocas sedimentarias.** Para su formación pueden haber seguido distintos procesos. pudiendo ser detríticas (areniscas, gravas, arenas,..) o no detríticas (yeso, caliza, dolomía,...)

  · **Rocas metamórficas.** Formadas de las rocas eruptivas y sedimentarias por transformaciones en su composición a causa de grandes presiones, temperaturas elevadas y emanaciones gaseosas de los magmas (gneis, pizarra, mármol, cuarcita,..)

• **Pétreos artificiales.** Producidas de forma artificial mediante procesos de fabricación para sustituir los materiales pétreos naturales, o para obtener otros con unas características y propiedades particulares. Se pue-

den clasificar en cerámicos (tejas, ladrillos, baldosas, azulejos) o vítreos (lunas, vidrios).



22

• **Aglomerantes y Morteros.** Tienen la propiedad de adherirse a otros materiales. Se emplean en construcción para unir diversos materiales, recubrirlos con enlucidos o formar pastas, llamadas morteros y hormigones que permiten ser extendidas y moldeadas convenientemente, adquiriendo después de endurecidas el estado sólido. Se pueden clasificar a su vez en:

· **Aéreos:** endurecen al aire, no siendo resistentes al agua (yeso, cal, magnesita,..)

· **Hidráulicos:** endurecen de forma pétrea tanto en el aire como en el agua (cal hidráulica, cementos, puzolanas,..)

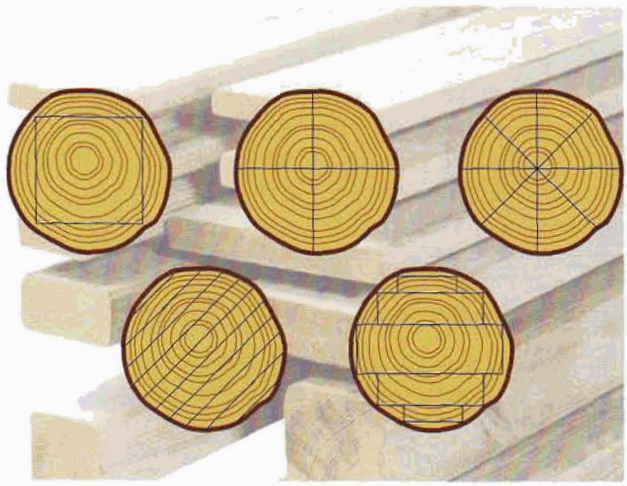
· **Hidrocarbonatados bituminosos:** precisan ser calentados hasta cierta temperatura para su fácil extensión, consolidándose al perder su viscosidad (betún, asfalto, alquitrán). Se usan en la pavimentación de calles y carreteras, protecciones, impermeabilizaciones, etc.

· **Morteros:** son mezclas plásticas de un aglomerante, arena y agua. Los más usados son los de cemento. Si intervienen dos aglomerantes se denominan morteros bastardos.

· **Hormigones:** son mezclas obtenidas con un aglomerante (cemento), arena, grava y agua. La puesta en obra puede ser directamente dándole forma mediante encofrados o ejecutándolo previamente en moldes y colocándolo posteriormente. Existen diversos tipos de hormigón: en masa, armado, ciclópeo, aireado, pretensado (con armaduras pretensas o postensas)...

• **Aglomerados artificiales.** Reciben el nombre de piedras artificiales. Se obtienen mediante mezcla de diversos productos con un aglomerante amasado convenientemente, dándoles forma mediante moldes y prensas, adquiriendo el estado pétreo una vez fraguado. Los más importantes son los aglomerados de yeso (paneles y placas) y los de cemento (bloques, bovedillas, fibrocemento,...).

• **Orgánicos.** De todos los materiales orgánicos utilizados la madera es el más significativo. La madera es un material ligero, resistente y de fácil tratamiento, que ha sido utilizado por el hombre en la construcción desde antaño. Existen muchas clases de madera: pino, abeto, cedro, nogal, haya, olivo, castaño, ocume, roble, boj,.. Su aplicación es muy variada, desde elementos resistentes hasta decorativos. Según su forma o sección reciben diversos nombres como: vigas, tablones, tablas, listones, chapas, tarimas,...



Diferentes tipos de corte en los troncos.

• **Metálicos.** Se distinguen entre:

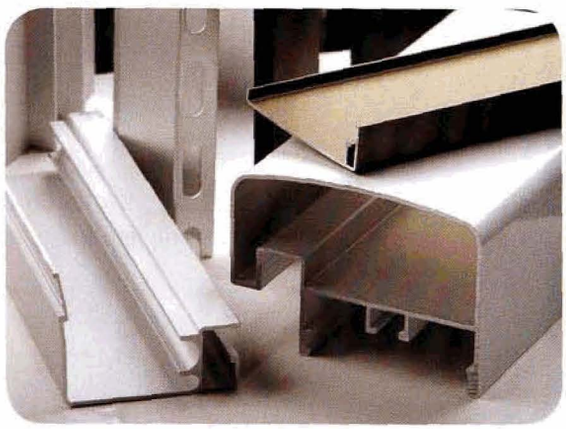
· **Ferrosos:** En construcción se utilizan generalmente aleaciones de hierro con otros elementos, diferenciándose unas de otras por su contenido en carbono. Así distinguimos entre:

- **Hierro dulce** (C<0,03%). Se utiliza en cerrajería

- **Acero** (0,03%<C<2%). Su empleo principal es en estructuras metálicas (perfiles laminados diversos: IPN, IPE, HEA, HEB, HEM, UPN, LD, L, T, etc), barras corrugadas, carpintería metálica, etc.

- **Fundición** (C>2%). Se utiliza para fabricación de tuberías, columnas,.. y en elementos decorativos y ornamentales.

· **No ferrosos:** Según sus propiedades y características son usados para distintas aplicaciones en los edificios. Los más utilizados son: plomo, cinc, cobre, latón, bronce, estaño, aluminio,..



• **Plásticos.** Son sustancias de origen generalmente orgánico, producidas por medios químicos, capaces de adquirir forma por el calor y la presión, conservándola después y alcanzando grandes resistencias mecánicas. Se pueden clasificar en dos grandes grupos:

· **Termoestables:** Son polímeros infusibles e insolubles que tras haber sido sometidos al proceso de calentamiento-fusión y formación-solidificación, se convierten en materiales rígidos que no pueden volver a fundirse. Se distinguen: fenólicos, ureas, melaninas, poliéster, poliuretanos, siliconas, resinas epoxídicas,..

· **Termoplásticos:** Aquellos que a temperatura ambiente son plásticos deformables, pero que al calentarlos se ablandan y se convierten en estado líquido viscoso, recuperando su estado sólido primitivo al enfriarse. En este caso no ocurre ninguna reacción química durante el calentamiento y el enfriamiento. Entre ellos están el PVC, el Nylon, el polietileno o el polipropileno.

• **Pinturas.** Son mezclas líquidas, generalmente coloreadas que aplicadas por extensión, pulverización o inmersión forman una capa o película opaca en la superficie de los materiales a los que protege y decora. Existen diversos tipos: al óleo, esmaltes, plásticas, barnices, lacas, ignifugas, asfálticas, luminosas, etc.

1.3 TERRENOS

Toda construcción se asienta sobre un terreno.

Se denominan terrenos, las capas de la corteza terrestre suficientemente superficiales para hallarse sometidas a la acción de los agentes atmosféricos. Los terrenos se encuentran estructurados en capas o estratos de distintas composiciones. La calidad del terreno depende fundamentalmente de su resistencia, estructura geológica y contenido de agua.

Para que un terreno sirva como buena base de cimentación es condición indispensable que además de resistencia tenga uniformidad, de forma que el edificio no sufra asentamientos desiguales (asientos diferenciales).

1.3.1 TIPOS DE TERRENOS

Podemos clasificar los terrenos en función de muchas características y variables. Una de las más usadas es la que se establece en función de su composición y resistencia, debido a su utilidad para los cálculos de las cimentaciones o para los movimientos de tierras. Así tenemos los diferentes tipos de terrenos:

• **Rocas.** Se caracterizan por su estabilidad, por lo cual son excelentes para cimentar. Resisten mucho a compresión y no presentan problemas de resistencias y asientos.

• **Terrenos sin cohesión:** Formados por áridos, gravas, gravillas, etc. Son permeables al agua y carecen de cohesión (adherencia entre los granos sueltos). Cuanto mayor es el tamaño del grano, mayor es la compactibilidad de las capas que lo forman, resultando una cimentación más adecuada.

• **Terrenos coherentes:** Formados fundamentalmente de arcillas y barros. Su comportamiento como apoyo de las cimentaciones dependerá de su origen o naturaleza, y del agua que contengan. Las arcillas expansivas son muy problemáticas al respecto.

• **Terrenos deficientes:** En general son terrenos no aptos o malos para cimentar. Suelen ser fangos, terrenos orgánicos, linos, mantillo, turbas, terrenos de relleno.

Se denomina **coeficiente de trabajo o presión admisible sobre el terreno** a la carga máxima de trabajo que admite el terreno. Se suele expresar en Kg/cm^2.

Para poder determinar el tipo de cimentación que debe llevar un edificio, es necesario conocer su coeficiente de

trabajo. Para ello se debe realizar un estudio geotécnico del terreno que incluya los ensayos pertinentes que permitan conocer este y otros datos relativos a las características o parámetros del mismo (cohesión, ángulo de rozamiento interno, densidad,...).

1.3.2 EXCAVACIONES Y MOVIMIENTOS DE TIERRAS

Vamos a ver algunas definiciones de los trabajos relacionados con la excavación y el movimiento de tierras:

Previo al inicio de cualquier excavación, es necesario efectuar unos trabajos de replanteo. El **replanteo** es la operación que tiene por objeto trasladar fielmente al terreno las dimensiones y formas indicadas en los planos de la obra.

Se entiende como **movimiento de tierras**, el conjunto de trabajos y operaciones que se realizan en el terreno para modificar adecuadamente su superficie, prepararlo para la construcción y adaptarlo a su forma definitiva. Comprende la extracción, nivelación o el aporte de tierras.



La **nivelación** de un terreno se puede conseguir añadiendo tierra o quitándola. Cuando se añade tierra la operación se denomina **Terraplén** y cuando se quita **Desmonte.**

La **Excavación** consiste en la extracción de tierras en zonas localizadas del terreno. Los tipos de excavaciones más usuales son a cielo abierto, en zanja, en pozo y en galería de mina.

- **A cielo abierto:** Consiste en el vaciado del terreno por capas sucesivas. Utilizada comúnmente para la construcción de sótanos, garajes, etc.
- **Zanja:** Excavación estrecha y larga de poca profundidad. Se utilizan generalmente para construcción de cimientos, instalación de tuberías o de elementos de drenaje, etc.



Excavación de una zanja.

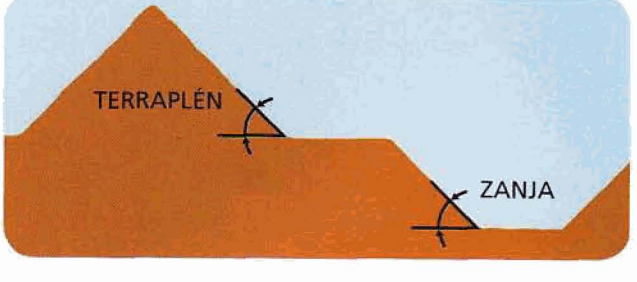
- **Pozo:** Excavación vertical o inclinada en la que predomina la dimensión de profundidad sobre las otras dos.
- **Galería de mina:** Trabajos subterráneos ejecutados en lugares o espacios que están por debajo de la cota del terreno y que tienen como techo el propio terreno. Se hacen para la construcción de túneles, captación de aguas subterráneas, etc.

1.3.3 TALUDES

En el momento de realizar una excavación, el terreno se desmoronará con mayor o menor facilidad según sea la cohesión entre sus granos. Esta cohesión dependerá fundamentalmente del tipo de tierra y de su contenido en agua.

Se denomina **ángulo de talud natural** a la máxima pendiente o inclinación en que las tierras se mantienen en equilibrio, sin producirse ningún tipo de corrimiento o desmoronamiento que la desplacen.

El ángulo de talud natural indica el mayor ángulo, respecto a la horizontal, que es capaz de admitir o aguantar un terreno sin desmoronarse. Este ángulo varía según los diferentes terrenos: la arena seca se aguanta hasta unos 30°, la tierra vegetal seca hasta los 35°, la tierra arcillosa seca y suelta hasta los 40°.



Toda la tierra que se encuentra dentro del talud natural (por debajo del plano de resbalamiento) pesa sobre el plano del terreno, mientras que la restante es la que empuja a la entibación o estructura que la contenga.

Se denomina **plano/superficie de resbalamiento o de rotura** al plano/superficie por encima del cual, el terreno excavado no se mantiene por sí solo y se deslizará pendiente abajo.

El ángulo de talud natural tiene gran relevancia en las excavaciones y movimientos de tierras, ya que generalmente, los deslizamientos del terreno que se producen en operaciones de vaciados, desmontes o aperturas de zanjas suelen ser debidas a no haber respetado este ángulo.

Generalmente cuando un talud se rompe, lo hace a favor de superficies curvas (normalmente cuasi circulares), y su forma estará condicionada por la morfología y estratigrafía del talud.

También debe prestarse especial atención a los terrenos que tengan facilidad de disgregación, ya que pueden perder su cohesión debido a los elementos atmosféricos.

1.3.4 ENTIBACIONES

Por entibación se entiende toda fortificación realizada para la contención de tierras. Consiste en una estructura que tiene por objeto aguantar paredes de excavaciones, taludes, zanjas, pozos, etc. cuando existe peligro de desprendimiento de tierras. Generalmente se construyen en madera con diferentes combinaciones o de elementos de madera con encofrados de chapa y puntales metálicos.



Las entibaciones son elementos de seguridad para el personal en las obras de movimientos de tierras. El fin más importante de la entibación es proteger a los obreros contra los desprendimientos de tierras mientras trabajan por debajo de la rasante del terreno.

Los bomberos también pueden verse obligados a realizar en determinados casos entibaciones del terreno, como por ejemplo, para rescatar con seguridad a una persona sepultada o atrapada tras un corrimiento de tierras.

Solo pueden dejarse sin entibación zanjas o excavaciones de poca profundidad (menores de 1,3 m), siempre y cuando las características del terreno lo permitan.

No obstante, se debe entibar siempre en los siguientes casos:

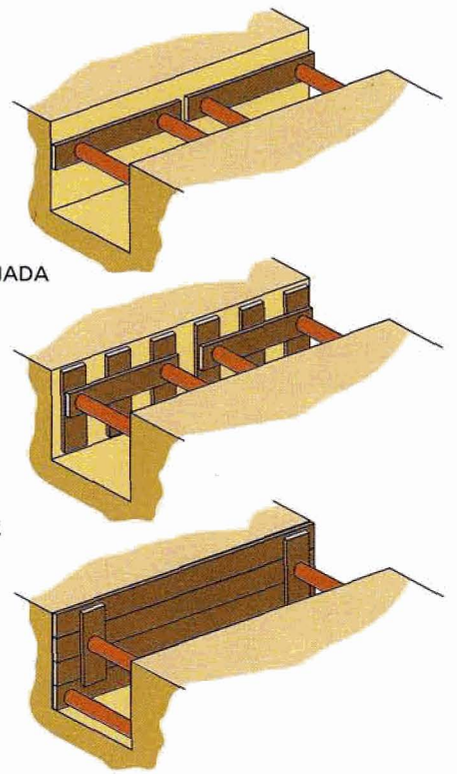
- Cuando no pueda realizarse el talud natural del terreno para zanjas.
- Cuando exista tráfico rodado, paso de líneas de ferrocarril o movimiento de maquinaria de obra en las inmediaciones
- Cuando exista una construcción cercana y esté bajo la influencia de su cimentación
- Cuando haya materiales acopiados en zona cercana que puedan afectar a las tierras de las zanjas.
- Cuando se produzcan filtraciones de agua en las zanjas.
- Cuando se observe que la zanja está abierta en una zona que anteriormente se han realizado otras zanjas y posterior relleno (caso típico de diferentes aperturas y cierres para instalaciones en las calles)
- Cuando existan otras instalaciones que puedan afectarle (por ejemplo redes de alcantarillado)
- Cuando la profundidad de la zanja sea superior a 1,3 metros.

Las entibaciones deben ser revisadas al comienzo de cada jornada, tensando los cordales o elementos que se hayan podido aflojar. Estas revisiones se acentuarán cuando se hayan producido fenómenos atmosféricos o físicos que puedan modificar las condiciones iniciales del terreno.

Atendiendo a la superficie del talud recubierta por la entibación, podemos diferenciar los siguientes tipos:

- **Ligera:** La entibación cubre menos del 50% de las superficies excavadas. Solo se utiliza en terrenos compactos y estables hasta 2 m de profundidad y sin solicitaciones.
- **Semicuajada:** No recubre toda la pared excavada. Para terrenos medios y duros sin solicitaciones y con una profundidad o talud máxima de 2,5 m.
- **Cuajada:** La entibación recubre toda la superficie de la pared excavada. Imprescindible para zanjas excavadas a profundidades considerables (mayor de 2,5 m) o

en terrenos blandos, ya que ofrecen la mayor garantía contra desprendimientos de tierras.



Diferentes tipos de entibación.

El tipo de entibación que se debe emplear vendrá determinada por el terreno, la posible existencia de solicitaciones y la profundidad o altura de la zanja. Para su elección, podemos guiarnos por la siguiente tabla:

TIPO DE TERRENO	SOLICITACIÓN	Profundidad P del corte en m.			
		<1,30	1,30-2,00	2,00-2,50	>2,50
Coherente	Sin solicitación	·	Ligera	Semicuajada	Cuajada
	Solicitación de vial	Ligera	Semicuajada	Cuajada	Cuajada
	Solicitación de cimentación	Cuajada	Cuajada	Cuajada	Cuajada
Suelto	Indistintamente	Cuajada	Cuajada	Cuajada	Cuajada

Según sea su ejecución pueden considerarse distintos sistemas de entibación:

• **Entibación con tablas horizontales.** Se emplea cuando el corte se lleva a cabo en un terreno con suficiente cohesión que le permite ser autoestable mientras se efectúa la excavación. Mediante la alternancia de los procesos de excavación (0,80 m a 1,30 m) y entibación, se alcanza la profundidad total de la zanja.

• **Entibación con tablas verticales.** Se utiliza cuando no se tiene garantía de la cohesión del terreno. Puede ser cuajada, semicuajada y ligera en función de la zona cubierta de la excavación.

• **Sistema Quillery.** Se puede utilizar hasta 3.5 m y terrenos de buena cohesión. Consta de unos paneles de revestimiento de entre 2 y 2.5 m que se preparan fuera de la zanja y se introducen en ella. Si la profundidad supera el tamaño de los paneles, se realiza la zanja hasta ese nivel, para tras introducir el panel en la zanja, continuar la excavación.

Una vez se haya finalizado el trabajo que ha originado la entibación, se debe prestar especial cuidado en la retirada del material de esta. En una entibación siempre se empezaran retirando las tablas y elementos del fondo de la zanja, para continuar con los elementos superiores.

1.4 ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN

Todos los edificios y construcciones están sometidos a una serie de cargas o acciones que pueden producir deformaciones en los mismos. Estas acciones pueden ser de distinta naturaleza y origen.

Las acciones que afectan a los edificios están recogidas dentro del Código Técnico de Edificación (CTE) en la DB-SE AE: Documento Básico de Seguridad Estructural y Acciones en la edificación.

Este documento técnico agrupa las acciones sobre los edificios en tres grandes bloques:

1. Acciones permanentes

2. Acciones variables

3. Acciones accidentales

1.4.1 ACCIONES PERMANENTES

Son cargas que actúan siempre, y permanecen en un valor constante a lo largo de la existencia del edificio.

Las acciones permanentes pueden ser debidas a:

1A. **Peso propio:** debidas al peso de los elementos constructivos del edificio. Se incluyen todos los materiales que se utilizan para construir un edificio: estructura,

forjados, tabiquería y cerramientos exteriores, instalaciones, etc.

1B. Pretensado: derivadas de las fuerzas de pretensado de los tendones que constituyen la armadura activa de los elementos de hormigón armado.

1C. Acciones del terreno: producida por el peso y el empuje del terreno sobre las partes del edificio en contacto con él.

1.4.2 ACCIONES VARIABLES

Este tipo de cargas pueden o no actuar sobre el edificio, y cuando lo hacen su valor puede ser variable. Pueden ser debidas a:

2A. Sobrecarga de uso: producida por el peso de todos aquellos elementos necesarios para el uso a que se destina el edificio.



Sobrecarga de uso debido a las personas.

2B. Acción del viento: producida por las presiones y succiones que el viento origina sobre las superficies de la edificación.

Al referirse a presiones se alude a la acción directa del viento sobre la fachada. Mientras que al hacerlo a succiones, se considera que el viento también actúa en la fachada posterior del edificio produciendo un estirado, denominándose a este fenómeno succión.

Se debe tener en cuenta que el viento puede actuar o no; y cuando lo hace, no sopla siempre en la misma dirección, ni con la misma intensidad y además su velocidad puede ser variable.

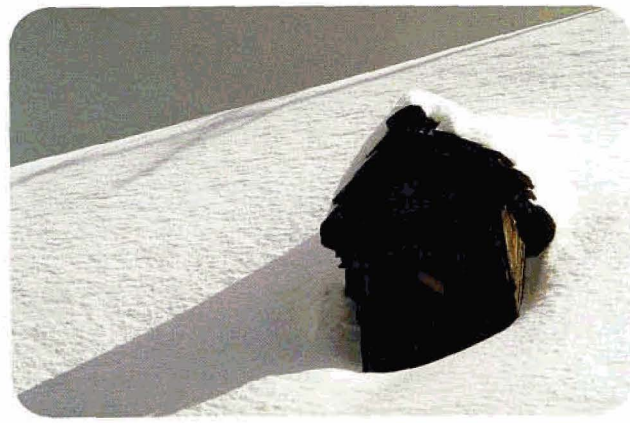
La acción del viento sobre una edificación depende de factores como la ubicación geográfica del mismo, la altura y forma del edificio, los edificios colindantes que puedan protegerle y, por supuesto, la velocidad que alcanza el viento.

El efecto del viento también es distinto en un edificio de construcción cerrada o abierta. De la misma forma la existencia de huecos en la fachada hace que el viento penetre en el edificio, pudiendo ocasionar efectos locales si el hueco es pequeño, o globales si hay muchos o son muy grandes.

2C. Acción térmica: producida por las deformaciones de los elementos debidas a los cambios de temperatura.

2D. Nieve: producida por la posible acumulación de la nieve en cubiertas y azoteas y la permanencia de ese peso sobre las estructuras.

El carácter de este tipo de cargas varía en el tiempo, ya que, según la época del año, puede o no actuar sobre la estructura, También dependerá del tipo de cubierta y del área geográfica donde se ubica la edificación, ya que no es lo mismo una construcción situada en la costa, que en alta montaña o en la llanura.



Sobrecarga de nieve sobre una cubierta.

1.4.3 ACCIONES ACCIDENTALES

Comprende aquellas acciones debidas a riesgos naturales o accidentes. Se contemplan las siguientes acciones accidentales:

3A. Acción sísmica: producida por las aceleraciones de las sacudidas sísmicas. De ella se trata específicamente en la Norma de construcción sismorresistente.



Efectos del terremoto en Lorca (año 2011).



Mapa de peligrosidad sísmica.

3B. Incendio: acciones debidas a un eventual incendio en el edificio. Estas acciones vienen definidas dentro del CTE en el DB-SI (Documento Básico - Seguridad en caso de Incendio).

3C. Impacto: causadas por el impacto accidental de vehículos, carretillas elevadoras, etc. contra uno o varios elementos del edificio.

Las acciones sobre un edificio causadas por un impacto dependen de la masa, de la geometría y de la velocidad del cuerpo impactante, así como de la capacidad de deformación y de amortiguación tanto del cuerpo como del elemento contra el que impacta.



Acción accidental sobre el edificio debido a impacto.

1.4.4 TENSIÓN DE TRABAJO Y DE ROTURA. COEFICIENTE DE SEGURIDAD

Es importante saber diferenciar entre la tensión de trabajo y la tensión de rotura.

La **Tensión de rotura** es la carga por unidad de superficie que se necesita aplicar a un elemento para producir su rotura. Por ejemplo, las tensiones de rotura típicas a tracción y compresión de algunos materiales son:

MATERIALES	TENSIÓN DE ROTURA A TRACCIÓN (kg/cm^2)	TENSIÓN DE ROTURA A COMPRESIÓN (kg/cm^2)
HORMIGÓN	< 25	< 1.000
ACERO	3.000 - 7.500	2.800 -7.000
MADERA	700 - 900	400 - 700
ALBAÑILERÍA	< 10	< 300

Lógicamente los materiales no se encuentran trabajando en valores de tensiones cercanos a su carga de rotura, ya que en caso de sobrecarga podría producirse en cualquier momento la falla o rotura del elemento.

Como norma general los materiales trabajan a una tensión significativamente inferior a la carga de rotura denominada **Carga de trabajo.**

Hemos visto que los edificios están sometidos a una gran variedad de acciones, algunas de las cuales actúan siempre y otras ocasionalmente. Sin embargo, ninguna estructura se calcula para hacer frente a tantos imponderables, ya que no sería lógico, ni económico.

Las estructuras se calculan conforme a principios de simultaneidad de las acciones y aplicando unos coeficientes correctores denominados **coeficientes de seguridad.**

El uso de coeficientes de seguridad se justifica por diversos motivos, como por ejemplo:

- previsión de desgaste o corrosión a lo largo de la vida del elemento
- posibles desviaciones en las propiedades previstas de los materiales que se manejan
- posibles errores en la ejecución de la obra
- diferencias entre las propiedades tabuladas y las obtenibles en la realidad
- tolerancias de fabricación o montaje de los elementos
- tolerancias por incertidumbre en las solicitaciones a que se someterá el elemento
- incertidumbre del propio método de cálculo
- etc.

El coeficiente de seguridad, se obtiene al dividir la tensión de rotura por la tensión de trabajo del elemento considerado. De esta forma tenemos:

$$\text{Coeficiente de seguridad} = \frac{\text{Tensión de rotura}}{\text{Tensión de trabajo}}$$

En cálculo de estructuras se aplican distintos coeficientes de seguridad que van a depender de diversos factores.

1.5 ESTRUCTURA Y ELEMENTOS DE LOS EDIFICIOS

1.5.1 ESTRUCTURA DE LOS EDIFICIOS

Hemos visto que todos los edificios y construcciones están sometidos a una serie de acciones de distinta naturaleza. La **estructura de un edificio** es el esqueleto que soporta las cargas y acciones que afectan al mismo.

Por tanto, se consideran **elementos estructurales o portantes** todos aquellos elementos que componen la estructura de un edificio soportando y transmitiendo todas las cargas hasta el terreno.



Esqueleto de un edificio.

Se dice que una **estructura** es **isostática** cuando al fallar o suprimir un elemento de la estructura, el esfuerzo resultante no es capaz de ser absorbido por el resto de los elementos, produciéndose el colapso de la misma.

Una **estructura** es **hiperestática** cuando está formada por mayor cantidad de elementos estructurales de los necesarios para permanecer con estabilidad. En este caso la supresión o fallo de uno de sus elementos no conduce al colapso, ya que sus esfuerzos pueden ser absorbidos por otros elementos de la estructura.

La estructura de los edificios consta básicamente de las siguientes partes:

- **Cimentación.** Parte inferior y semienterrada de la estructura del edificio que se encarga de transmitir las cargas del edificio al terreno.
- **Estructura vertical.** Parte de la estructura que transmite a la cimentación las cargas que soporta el resto de la estructura y el peso de ésta. Estos elementos pueden ser muros o pilares, los cuales en su cota inferior se apoyan sobre la cimentación.
- **Forjados y estructura horizontal.** Lo componen todos aquellos elementos estructurales horizontales, que sirven de soporte físico al contenido de la edificación. Su misión es soportar las cargas directas que reciben y transmitirlas a los elementos verticales sobre los que se apoyan.

• **Cubiertas.** Parte de la estructura que sirve de protección contra las inclemencias atmosféricas, y además proporciona techo al último espacio habitable.

1.5.2 CIMENTACIÓN

La cimentación es la parte estructural de un edificio encargada de transmitir las cargas al terreno. Dicho de manera sencilla, es el elemento que soporta el peso de los edificios y lo reparte en el terreno.

Para conseguirlo, los cimientos oponen a las cargas unas superficies importantes de contacto sobre el terreno. Los cimientos serán tanto mayores en superficie cuanto menos consistente sea el terreno. De la misma forma, los cimientos serán tanto mayores cuanto mayores sean las cargas a soportar.

Los cimientos deben tener una cierta profundidad mínima para que no se vean afectados por las heladas. Además, pueden ser sensibles a las humedades del terreno y a las corrientes de agua.

El sistema de cimentación y tipo de cimiento a realizar se decide una vez definidas y conocidas tanto la estructura del edificio, como las cargas que actúan y las características del terreno.

Dependiendo de la profundidad donde llevemos el firme del cimiento se puede clasificar los tipos de cimentación en:

- Cimentaciones superficiales
- Cimentaciones profundas

• Cimentaciones superficiales

Se realizan a poca profundidad, normalmente de 1 a 3 metros de profundidad. Las cimentaciones superficiales engloban las zapatas en general y las losas de cimentación.

Los distintos tipos de cimentación superficial dependen de las cargas que sobre ellas recaen.

Cargas Puntuales ▸ Zapatas aisladas
Cargas Lineales ▸ Zapatas corridas
Superficiales ▸ Losas de cimentación

Las cimentaciones superficiales se clasifican a su vez en:

· **Zapata aislada:** Se utiliza cuando el edificio es de entramado a base de pilares o postes, sirviendo de apoyo a estos. Su tamaño dependerá de la carga que deba transmitir al terreno y la resistencia de éste.



Zapata aislada.

· **Zapata corrida o continua:** Son las cimentaciones de las paredes maestras en edificios con estructura a base de muros de carga. Se ejecutan mediante excavación de zanjas en todo el perímetro del edificio y donde se encuentran los muros de carga intermedios e interiores.

· **Pozo:** Se trata de una solución constructiva similar a la zapata aislada, si bien el firme o terreno resistente se encuentra a mayor profundidad. Se utiliza para estructuras a base de pilares o postes.

· **Placa o losa:** Se trata de un caso especial que se adopta para terrenos malos de poca consistencia o se prevean asientos diferenciales en el terreno. La placa cubre toda la superficie del solar. El conjunto actúa como una losa de hormigón uniforme con refuerzos de vigas longitudinales y transversales sobre los que se apoyan los pilares.

• Cimentaciones profundas

Se realizan cuando el terreno superficial es malo y la solución constructiva de losa no puede realizarse debido a las cargas del edificio.

En estos casos es necesario recurrir a un método constructivo que permita llevar las cargas del edificio a las capas de terreno resistente que se encuentran a mayor profundidad.

Las cimentaciones profundas se clasifican su vez en:

· **Pilotes:** Son elementos portantes se introducen en el terreno hasta profundidades considerables y sobre los que apoyan los pilares del edificio. En la parte superior de los pilotes, que son la base de los

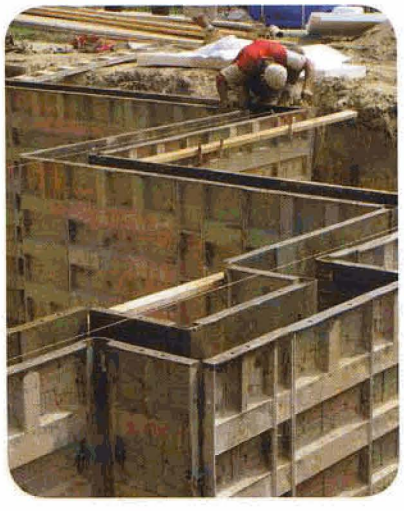
pilares, se ejecutan unos dados de hormigón armado llamados encepados que sirven de coronación y atado de los pilotes y del resto de cimentación.

Hay distintos tipos de pilotes y de sistemas de colocación como los pilotes de hinca prefabricados o los pilotes fabricados "in situ".



Cimentación por pilotaje.

· **Muros pantalla:** Se utilizan para edificios con varios sótanos con presencia de agua, con nivel freático alto y/o en suelos de baja cohesión. El muro es perimetral y se combina con pilotes en el centro del edificio. Su ejecución consiste en la realización de muros desde la parte superior y proceder a la excavación del solar y a la construcción de los cimientos una vez terminados.



Cimentación por muros pantalla.

1.5.3 ESTRUCTURA VERTICAL

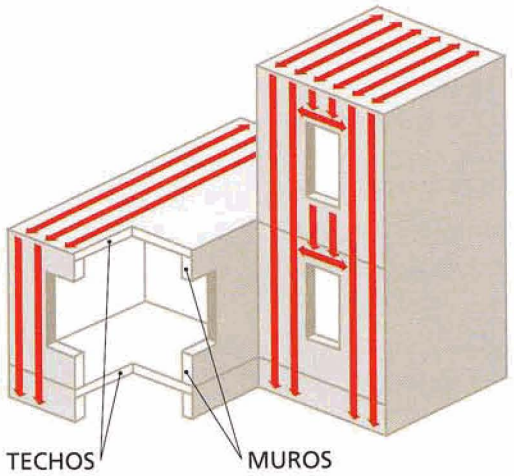
Parte de la estructura que recibe cargas de las vigas y forjados y las transmite a los cimientos. Básicamente podemos distinguir dos tipos de estructuras:

- Estructuras a base de muros de carga
- Estructuras de entramado o porticadas

• **Estructuras a base de muros de carga**

En este tipo de estructuras, las cargas son transmitidas por los forjados a los muros que actúan como elementos resistentes. En general suele tratarse de estructuras isostáticas.

Los muros, utilizados como elementos portantes, se denominan también **muros de carga o paredes maestras.** Estos muros de carga suelen ejercer a la vez de cerramiento exterior del edificio.



Transmisión de cargas en edificio de muros de carga.

Este tipo de estructura era habitual hasta los comienzos del siglo pasado; sin embargo, la aparición del acero laminado y el hormigón armado como materiales para los elementos estructurales han hecho desaparecer prácticamente este tipo de estructuras. Actualmente su uso se reduce a edificaciones de escasa altura y superficie, como chalets, pequeñas naves o pabellones, etc.

En la construcción de estos muros se utiliza fundamentalmente el ladrillo macizo o el bloque de hormigón. Por otro lado los forjados están constituidos a base de viguetas de madera, acero, cerámica u hormigón armado, rellenándose sus huecos con cascotes o morteros y colocando el solado encima de este conjunto.



Edificio a base de muros de carga.

Este sistema estructural aparte de contar con muros de carga dispone de otros **muros de arriostramiento.** El arriostramiento de un muro tiene la función de aportar una mayor estabilidad al mismo frente a los empujes horizontales. Ello se consigue disponiendo muros perpendiculares al primero, de forma que ayuden a soportar los empujes laterales producidos por el viento o el terreno.

Los muros de carga o paredes maestras trabajan básicamente a compresión. Por tanto, estos muros se construyen con materiales que tengan una aceptable resistencia a compresión como:

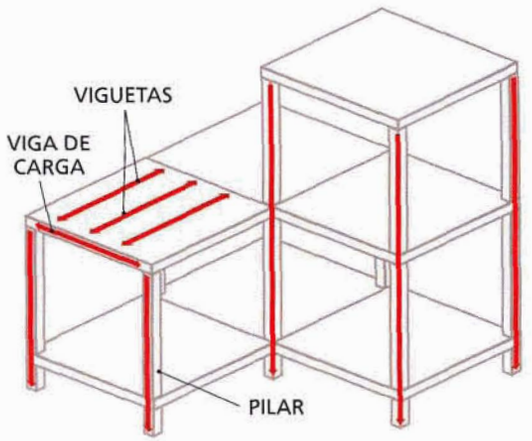
- **Piedra natural:** mampostería o sillería
- **Piedra artificial:** tapial, ladrillo, bloques de cemento, hormigón, etc.
- Mixtas

• Estructuras de entramado o porticadas

En las estructuras porticadas, las cargas son transmitidas a entramados paralelos compuestos fundamentalmente por forjados, vigas y pilares.

Así, las cargas de uso del edificio son absorbidas principalmente por los forjados. Éstos a su vez, se encargan de transmitirlas a las vigas, y éstas nuevamente a los pilares. Los pilares son los elementos encargados de hacer llegar las cargas del edificio hasta el terreno, a través de la unión que tienen con la cimentación.

A diferencia de las estructuras de muros de carga, las estructuras porticadas transmiten las cargas entre sus distintos elementos, dejando libres a los muros, que únicamente tienen función de cerramiento o distribución, consiguiéndose una clara separación entre la estructura y el resto de la obra edificada.



Transmisión de cargas en edificio de entramado.

Estas estructuras están construidas fundamentalmente con hormigón armado, acero o mixtas. Por lo general son estructuras hiperestáticas, lo cual confiere un aumento de las condiciones de seguridad y estabilidad de la edificación.

La construcción de edificios mediante entramados, modificó de forma sustancial el sistema de construcción tradicional a base de muros de carga. El desarrollo de las técnicas de ejecución de obras con hormigón armado y estructura metálica permite la construcción de edificios más altos y con un aprovechamiento de la superficie construida mucho mayor.

Los elementos principales de las estructuras porticadas son los pilares.

Un Pilar es un elemento portante que trabaja en posición vertical, generalmente de forma prismática, se realiza de diferentes secciones: circular, rectangular, cuadrada, etc. Se construye en hormigón armado y su función principal es la transmisión vertical de las cargas hacia la cimentación.

Los pilares de las estructuras trabajan fundamentalmente a compresión, pero también pueden soportar cargas a flexión, dependiendo del diseño y del lugar que ocupan en la estructura.

Cuando el pilar está construido con perfiles de acero, se le denomina **Pie derecho.**

Tiene las mismas funciones que el pilar, pero también diferencias apreciables.



Pilar metálico o Pie derecho.

1.5.4 FORJADOS Y ESTRUCTURA HORIZONTAL

El forjado es un elemento estructural horizontal cuya función es la de soportar las cargas de uso de un edificio. Para ello recibe las cargas de forma directa y las transmite al resto de la estructura, fundamentalmente pilares y muros.

La rigidez de los forjados debe ser adecuada y su flecha debe estar limitada para evitar la fisuración de los elementos de fábrica que apoyan sobre él.

El forjado materializa además la separación entre plantas consecutivas y desempeña funciones de aislamiento y soporte de acabados.

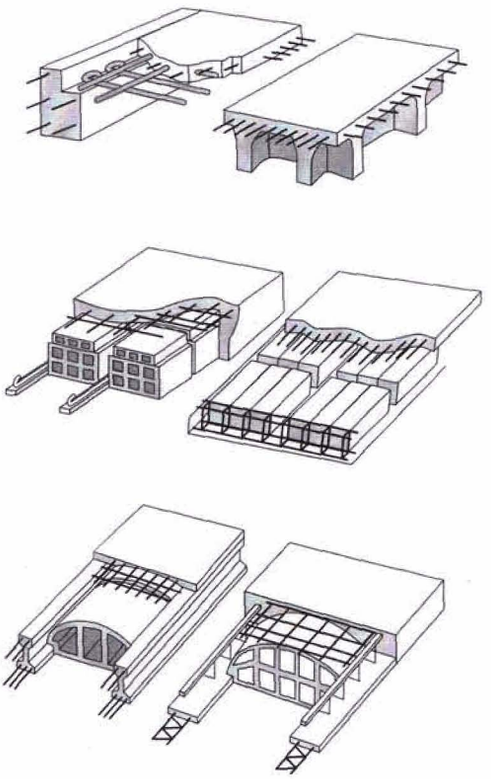
Los forjados se componen fundamentalmente de tres partes:

- **Elementos de sustentación:** son aquellos que reciben cargas (vigas, viguetas, forjados de relleno, losas de hormigón armado, macizas, aligeradas, nervadas,...)
- **Revestimientos:** son las pavimentaciones acabadas que se colocan sobre los elementos de sustentación (embaldosado, parquet de madera, revestimiento sintético, etc.)
- **Cielo raso:** son los techos colocados bajo los elementos de sustentación, como enlucidos de yeso, placas prefabricadas, etc.

Existen diversos tipos de forjados, entre los cuales se pueden destacar:

1. Forjados unidireccionales
2. Forjados bidireccionales o reticulares
3. Losas prefabricadas
4. Forjados mixtos

La elección de uno u otro tipo de forjado dependerá de los condicionantes específicos de cada obra.



Distintos tipos y ejecuciones de forjados.

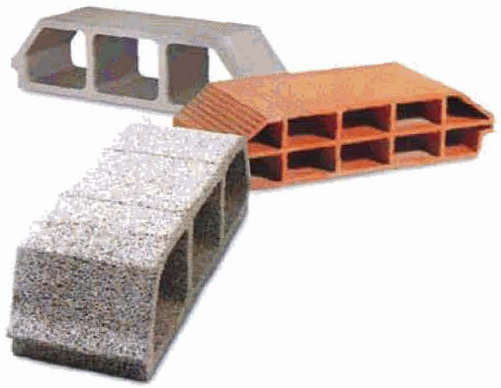
1. Forjados unidireccionales

Son los forjados más comunes. Se denominan así por transmitir sus cargas en una única dirección.

Los forjados unidireccionales se componen de los siguientes elementos:

- **Viguetas.** Son elementos longitudinales resistentes, diseñados para soportar cargas producidas en forjados de pisos o cubiertas. Las viguetas suelen ser prefabricadas de hormigón pretensado, aunque también pueden ser semi-prefabricadas, o fabricadas "in situ".
- **Bovedillas.** Bloques de hormigón, cerámica, porexpan (espuma rígida de poliestireno expandido "EPS") o de otro material, que se sitúa de forma adecuada entre los nervios que han de formar un forjado. Las bovedillas no tienen misión resistente

y su único fin es actuar como encofrado perdido y servir de molde a la capa de compresión.



Bovedillas cerámicas.

· **Zuncho de atado.** Viga de hormigón realizada en la coronación del muro, con armaduras longitudinales (redondos) y armadura transversal (cercos).

La función del zuncho de atado es garantizar:

- la unión entre sí de las viguetas del forjado.
- la unión del muro o viga plana con el forjado.
- la transmisión uniforme de las cargas del forjado al muro o viga de apoyo.

· **Capa de compresión.** La rigidez de este tipo de forjados se consigue mediante la ejecución de una capa de hormigón armado que une todos los nervios del forjado. Esta capa consigue el reparto uniforme de las cargas.

La capa de compresión está compuesta por un mallazo (armadura soldada con varillas de acero en dos direcciones perpendiculares, en forma de malla) que se coloca sobre las bovedillas. Posteriormente se vierte una capa de hormigón, denominada capa de compresión.

La capa de hormigón rellena los senos existentes entre las bovedillas y las viguetas y forma una capa sobre ellas de varios centímetros de espesor. Los esfuerzos son transmitidos de la capa de compresión a las viguetas y éstas lo hacen a las vigas, que a su vez lo transmiten a los pilares.

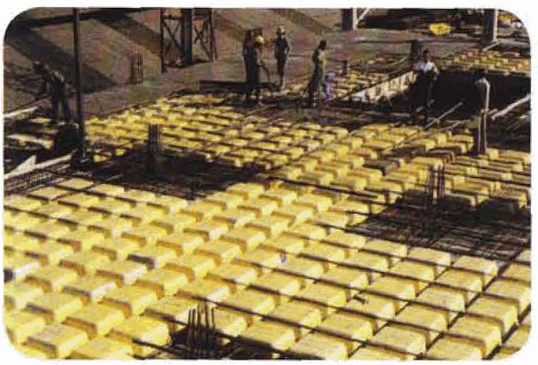


Forjados unidireccionales.

2. Forjados bidireccionales o reticulares

Este tipo de forjado posee sus elementos resistentes o nervios en dos direcciones perpendiculares formando una retícula, por eso se denominan forjados bidireccionales o reticulares. Tiene gran resistencia y rigidez, lo que garantiza que el forjado transmita los esfuerzos horizontales.

Se realiza in situ con hormigón armado. El encofrado en forma de bañera invertida, define una cuadricula, dentro de la cual se sitúan las armaduras longitudinales y transversales. Se obtiene así un forjado con nervios en dos direcciones. Hasta su fraguado y consolidación es necesario un apeo provisional del encofrado que da forma al forjado.



Forjado reticular realizado con moldes recuperables.

Los forjados reticulares no necesitan vigas o jácenas, pero requieren de una capa de compresión para el reparto de las cargas.

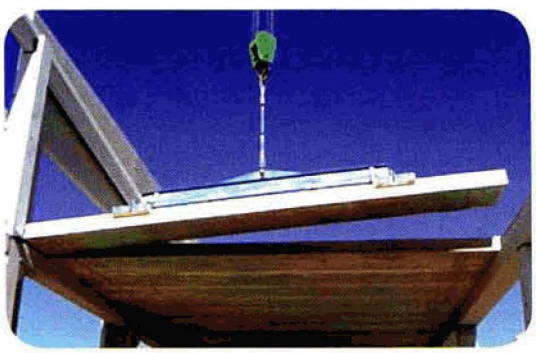
En estos forjados los nervios se extienden de un extremo al otro con el mismo criterio de la viga continua, consiguiendo una menor deformación. Además, permite gran flexibilidad en el diseño de las distribuciones, al apoyarse sobre pilares con capiteles.

3. Forjados de losas prefabricadas

Este tipo de forjados se componen de grandes losas prefabricadas, por lo que su ejecución es muy rápida, consiguiéndose grandes rendimientos.

Los forjados de losas prefabricadas tienen una gran rigidez, por lo que no se hace imprescindible en todos los casos la ejecución de una capa de compresión.

Como inconveniente destacar que para su colocación en obra es necesaria una grúa de gran tamaño que permita mover y situar en su posición los elementos prefabricados.



Las losas prefabricadas pueden ser de distintos materiales como hormigón (alveoplaca) o cerámica (placa cerámica pretensada).

Este tipo de forjado tiene como elementos:

- zuncho perimetral armado.
- placas prefabricadas.
- capa de compresión, solo en algunos casos.

4. Forjados mixtos

Panel autoportante de chapa de acero y hormigón armado, unidos mediante elementos conectores. Estos forjados son muy utilizados en edificios industriales con estructura metálica.

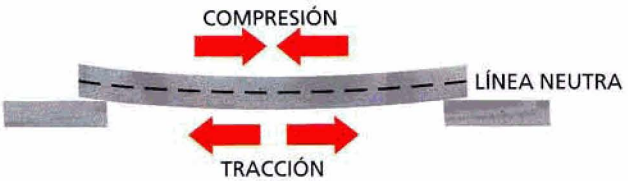
La **Viga** es un elemento portante que trabaja en posición horizontal y cuya función principal es la transmisión de las cargas a unos apoyos verticales sobre los que descansa.

Cuando la viga está construida en acero suele tener un perfil totalmente definido y normalizado en forma de H, U, L, etc.

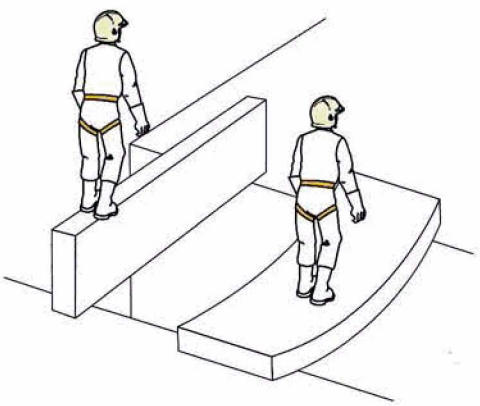
Cuando está construida en hormigón armado tiene, generalmente, la forma de un prisma de sección rectangular, y recibe el nombre de **Jácena.**

Veamos algunas consideraciones básicas sobre la resistencia de las vigas:

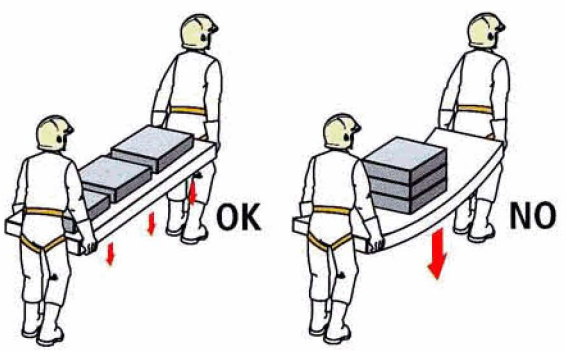
1. Por encima de una hipotética línea neutra se dan esfuerzos de compresión y por debajo de tracción



2. Las vigas son más resistentes cuanto mayor es su canto.



3. Resisten mejor cargas repartidas que concentradas.



Según su función podemos distinguir varios tipos de vigas:

· **Viga maestra:** Viga principal denominada así por su importancia dentro del esquema de la estructura, ya que suele soportar otros elementos estructurales, como viguetas, pares, etc. Sirve de puente entre una alineación de vigas (denominada crujía) y la siguiente. De su capacidad portante depende la estabilidad del techo que gravita en él.

· **Vigueta o viga simple:** Viga que sujeta el entrevigado y cuya repetición va a formar el tablero del techo.

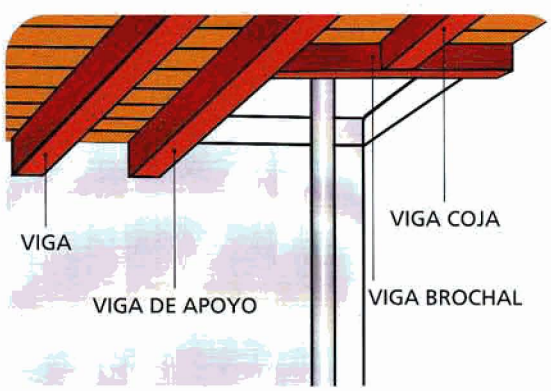
· **Viga brochal:** Vigas que se usan para soportar las cargas de otras vigas permitiendo la realización de huecos, bien para las escaleras, ventilación, chimeneas o instalaciones. Su importancia desde el punto de vista de la estabilidad del techo depende del número de vigas que se apoyen sobre ellas.

· **Viga coja:** Viga que carga uno de sus extremos sobre la viga brochal.

· **Viga riostra o de atado:** Vigas que unen los pórticos, distinguiéndose entre pilares de dos pórticos consecutivos, como una viga más del piso. Su presencia en la estructura dependerá del cálculo realizado, pudiendo existir entre una línea de pilares y faltar en la siguiente.

· **Viga de tabique:** aquellas que cierran el tabique por su parte superior o en el encuentro con el techo o piso. Deben sobresalir de los parámetros del tabique varios centímetros.

· **Viga apoyo de muro:** se utilizan para evitar una transmisión de las cargas puntual o localizada sobre el muro. Suelen disponerse una o varias vigas de apoyo para recibir el muro a las viguetas en toda su longitud.



Las **soleras** son los revestimientos de suelos naturales en los interiores de los edificios. Suele estar constituidos por una capa resistente de hormigón en masa o armado. Puede quedar su superficie a la vista o colocarse algún revestimiento para su acabado.

Este tipo de suelo requiere de juntas de dilatación dispuestas en cuadrícula, así como una junta de contorno a fin de aislar la solera de los elementos estructurales tales como pilares, muros y bloques de cimentación.



Solera.

Dentro de los forjados del edificio, se diferencia el de la cubierta, por ser el que define el cerramiento superior del edificio. En estos forjados existen problemas específicos debidos a movimientos originados por factores de tipo térmico.

1.5.5 CUBIERTAS Y CERCHAS

La Cubierta es el elemento constructivo que remata y protege una edificación. Su misión fundamental es servir de protección contra las inclemencias atmosféricas, además de proporcionar techo al último espacio habitable.

Las cubiertas pueden ser:

• **Planas.** También se denominan azoteas. Cuando la cubierta es plana, las cargas que debe soportar son menores en general que las del resto del edificio, pero está más expuesto a otras acciones (lluvia, hielo, nieve), que deberán tenerse en cuenta. Pueden ser transitables o no transitables. En las cubiertas no transitables la terminación puede ser una solería en general, membrana autoprotegida, gravilla,...

• **Inclinadas.** Las cubiertas inclinadas tienen una complicación añadida, ya que pueden producir esfuerzos horizontales importantes, que el muro de fábrica no puede absorber. En este caso es imprescindible incorporar en el forjado de la cubierta elementos estructurales capaces de soportar dichos esfuerzos. Las cubiertas inclinadas pueden ser a un agua (pendiente), a dos aguas, con faldones, etc.

La climatología condiciona fuertemente el tipo de cubierta. En climas soleados y poco lluviosos abundan las cubiertas planas u horizontales. En cambio, en zonas

lluviosas predominan las cubiertas inclinadas. En zonas alpinas, donde se producen grandes precipitaciones de nieve, las cubiertas suelen tener pendientes muy fuertes para evitar las sobrecargas de peso por acumulación de la nieve.







En las cubiertas hay que distinguir el revestimiento y la parte estructural. El revestimiento está formado por el material de terminación y la capa aislante. La parte estructural tiene que soportar todas las cargas que afectan a la cubierta y trasmitirlas a los muros o pilares. Estas cargas son el peso del revestimiento, el de la propia estructura, carga de nieve, acción de viento, etc.

Cuando la luz del edificio (separación entre los muros o pilares de apoyo) supera la longitud máxima que proporciona el material, las cubiertas se arman, subdividiéndolas en tramos por medio de cerchas o cuchillos.

La **Cercha** es una estructura básica, por lo general de forma triangular, compuesta por un conjunto de piezas (barras) articuladas, que unidas mediante juntas (cartelas), forman nudos de manera que integran un sistema indeformable preparado para transmitir a los apoyos todas las cargas que recibe de la cubierta.

Cada cercha se diseña para soportar las cargas que actúan sobre su plano.

Las distintas barras que componen las cerchas tienen distinta denominación según cuál sea su posición en la cercha, pudiéndonos encontrar: pares, montantes, diagonales y tirantes.

Pares: Su función es recibir la carga transmitida por el entramado de correas y cabios. Los pares empujan al muro sobre el que apoya. A este empuje se opone una pieza horizontal denominada **Tirante**, que evita que los pares tiendan a abrirse.

Sobre las cerchas se colocan además una serie de elementos característicos:

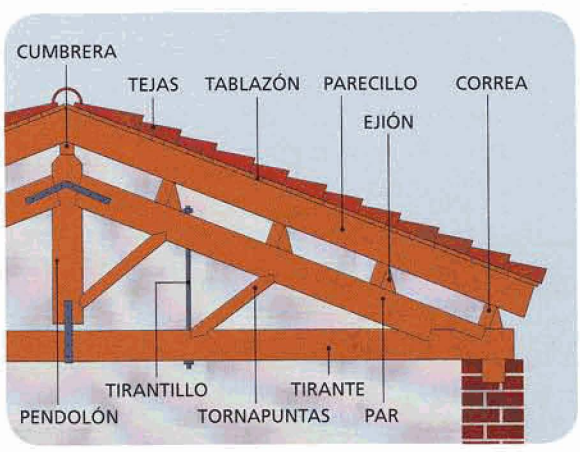
Correas: Elementos que dividen la cubierta en partes paralelamente a la dirección del alero. La correa colocada en lo más alto de la cercha recibe el nombre de **Cumbrera**.

Cabios: Dividen los faldones en sentido transversal. Para cubiertas que no son muy grandes, los cabios se ubican separados entre sí a una distancia entre 70 y 80 cm.

- **Cerchas de Madera**

Las cargas son transmitidas mediante las correas y cabios y recibidas por los pares. En el caso en que el tirante tienda a pandear, se le agrega una pieza vertical denominada **pendolón,** que tiene por misión soportar al tirante por su punto medio con un estribo metálico que recibe el nombre de **cuchillero.**

Cuando la luz de los pares es muy grande, se le agregan dos piezas oblicuas apoyadas en la parte inferior del pendolón denominadas **Tornapuntas,** cuya función es impedir que flexionen los pares.



Piezas que forman una cercha de madera.



Cercha de madera.

- **Cerchas Metálicas**

Las cerchas metálicas están compuestas generalmente de perfiles de acero de alma llena o tubulares, y son empleadas cuando se necesita cubrir grandes luces. Son las más comunes y utilizadas ya que son estructuras más livianas que las de madera y mucho más económicas.

Para su construcción se suelen usar perfiles normalizados en L, T o doble T (I) y cada vez más perfiles tubulares de sección circular o cuadrada/rectangular. El diseño de las cerchas metálicas es el mismo que el explicado para las cerchas de madera.



Cercha metálica.

Existen diversos tipos diferentes de cerchas metálicas: cercha Polonceau, cercha Inglesa, cercha Belga o cercha en Diente de Sierra, etc.

- **Cerchas de Hormigón Armado**

En las cerchas de hormigón armado, la forma triangular se emplea para pequeñas luces, debido a que el premoldeado de estas piezas resulta complejo. Estas cerchas presentan una mejor resistencia contra la acción del fuego y de los agentes químicos que las estructuras de madera y acero.

Por lo general, las cerchas de hormigón armado se organizan por pórticos de uno o varios tramos.

Para casos de grandes luces se utilizan vigas de hormigón armado pretensado.

Las **Estructuras espaciales** son un tipo de cubiertas basadas en el principio de triangulación, cuya estructura resistente está formada por una malla tridimensional compuesta a partir de la unión de barras de pequeña sección y longitud.

Son estructuras de gran ligereza, rápido y sencillo montaje, que posibilitan diseños con formas geométricas muy variadas en el espacio, permitiendo salvar además, luces considerables (hasta cientos de metros).

Los nudos juegan un papel importante en las mallas espaciales, por un lado facilitan el proceso de construcción de esta red espacial y por el otro, le garantizan la transmisión de esfuerzos. En un mismo nudo confluyen varias barras.



Estructuras espaciales y detalle del nudo

1.6 OTROS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

1.6.1 TABIQUERÍA

En las edificaciones encontramos otros elementos de apariencia similar a los muros de carga, pero que difieren de estos en los materiales utilizados en su construcción y en la función de los mismos.

Se llama **tabiquería** a los muros que se construyen para separar habitaciones o estancias dentro de una misma vivienda. Son muros de poco espesor, que no soportan la carga del forjado, y por lo tanto pueden derribarse en cualquier momento.

Al no tener función estructural, tampoco es necesario que se levanten al mismo tiempo que la estructura del edificio.

Este tipo de muros se realiza con ladrillo hueco, dado que para este uso ofrece claras ventajas con respecto al ladrillo macizo o perforado. Entre ellas destacar su menor coste y menor peso propio. Sin embargo, tiene el inconveniente de que presenta una menor resistencia a compresión.



Tabiquería interior de ladrillo.

Por lo general la función y ubicación del tabique determinará el tipo de tabique a emplear, existiendo diversos tipos:

· **Tabicón:** Tipo de pared formada por ladrillo hueco doble, de entre 10 cm y 15 cm de espesor, destinado a cerrar espacios de gran longitud (locales comerciales) y dependencias húmedas de las viviendas (cocina, baños, lavadero, etc.). Se utiliza con objeto de mejorar y facilitar la colocación de las instalaciones, evitar humedades y soportar los elementos colgados o empotrados.

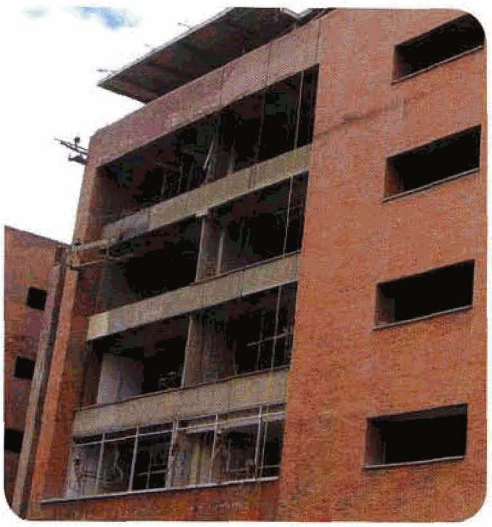
· **Tabique:** Elemento clásico de compartición en la distribución interior de cualquier tipo de edificación; normalmente se elaboran con ladrillo hueco de 5 cm de espesor.

· **Muros de fachada:** Son los correspondientes al cerramiento de los edificios con el exterior. Los muros de fachada se suelen realizar con muros multicapa o con bloques de termoarcilla.

Los muros multicapa, también conocidos como tabique tambor, están compuestos por un muro u hoja exterior, otro interior, y una separación entre ambos, donde puede colocarse un material aislante térmico, como porexpan, lana de roca, espuma de poliuretano, etc.

Sin embargo, desde la aparición del bloque de termoarcilla en el mercado, se ha ido reduciendo paulatinamente el uso de los tradicionales muros de fachada de dos hojas.

Con muros de una sola hoja de termoarcilla se puede conseguir un aislamiento térmico similar al de muros multicapa, debido a la geometría y el espesor de los bloques.



Construcción de muros de fachada.

Si la estructura del edificio es a base de muros de carga, los muros de fachada serán resistentes, pues serán los encargados de soportar el forjado y las cargas de viento.

1.6.2 FACHADAS VENTILADAS

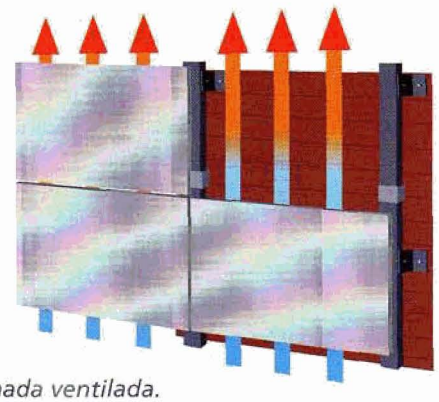
La fachada ventilada es un elemento constructivo que consta de dos hojas, una exterior y otra interior, que contienen entre ambas una cámara de aire ventilada.

En el caso de fachadas ventiladas, las dos hojas, se convierten en dos elementos constructivos con misiones y relaciones con el edificio diferentes.

La hoja interior forma parte del conjunto solidario del edificio pudiendo ser portante o de cerramiento. Ésta debe garantizar el aislamiento térmico, supone el cierre del espacio interior y constituye el soporte de la hoja exterior.

La hoja exterior debe entenderse como una envolvente global del edificio, tendida sobre éste como un elemento absolutamente independiente. Su función es la de conformar la cámara de aire y definir la imagen exterior del edificio.

La hoja exterior suele estar formada por materiales que resistan bien la intemperie, como ladrillo cara vista, ladrillo con revestimiento continuo, aplacado de piedra, paneles metálicos, paneles de alta densidad, etc.



Fachada ventilada.

Ambas capas deben ser lo más independientes posible, aunque lógicamente, para ser estable, la capa exterior debe anclarse mediante llaves a elementos de la estructura o a la capa interior.

La cámara de aire existente entre las dos capas evacua el agua que pueda penetrar a través de la hoja exterior, impidiendo que pueda llegar hasta la hoja interior. Así garantiza la estanqueidad y que la hoja interior esté siempre seca. Además, el calor que acumula la cámara se evacua por convección, de manera que el elemento interior queda perfectamente protegido de los aportes solares directos.

1.6.3 ABERTURAS. PUERTAS Y VENTANAS

Las puertas y ventanas son aberturas practicadas en los muros y tabiques.

Las **Puertas** son vanos de forma regular, abiertos desde el suelo hasta la altura precisa, para permitir el paso.

Las **Ventanas** son aberturas más o menos elevadas sobre el suelo, destinadas a proporcionar iluminación y ventilación.

El **Dintel** soporta el peso de la obra situada encima de la abertura y lo transmite a unas piezas verticales laterales llamadas jambas.

Las **Jambas** suelen llevar unas ranuras o entalladuras en su cara interior, para recibir la parte durmiente del marco de la puerta o ventana.

Los elementos de cierre (puertas y ventanas) se montan en un marco o cerco, previamente colocado en el hueco. Se trata de un elemento fijo, que puede ir empotrado en unos rebajos o mochetas.

En los tabiques, el marco cubre normalmente todo el espesor o grosor de la pared. En los muros, sin embargo, lo habitual es que el marco no cubra todo su espesor.

1.6.4 ESCALERAS

Las escaleras son el elemento de unión transitable entre plantas o forjados distintos, mediante peldaños y tramos sucesivos.

La altura de los peldaños se denomina **contrahuella** y su fondo **huella**. El ancho de la huella debe guardar relación con la altura de la contrahuella.

La forma y disposición que se le da una escalera depende fundamentalmente de las dimensiones, características y tipo de edificio, de la altura o desnivel a salvar, del sitio disponible y del material elegido para su construcción.

Las escaleras pueden tener diferentes diseños y disposiciones:

- **Escaleras rectas:** De uno o varios tramos, seguidos, doblados a escuadra, de vuelta entera, etc.
- **Escalera curvas:** De planta circular o elíptica. Las escaleras de vuelta circular completa se conocen como helicoidales o de caracol.



Distintos tipos de escaleras.

La distancia entre dos planos situados a distinto nivel se puede salvar también mediante una rampa o plano inclinado. No obstante, aunque en algunos casos se suelen usar, las rampas necesitan mayor espacio que las escaleras para salvar el mismo desnivel, o incrementar su pendiente, no siendo en tal caso adecuadas al cuerpo humano.

Para lograr una adecuada evacuación de las edificaciones, los anchos de escalera vienen definidos por reglamentaciones diversas. Además, es importante que las cajas de escaleras conformen espacios cerrados compartimentados únicos, ya que ello mejora considerablemente las condiciones generales de los edificios frente a incendio.

Los ascensores, montacargas y escaleras automáticas son medios auxiliares de transporte vertical en edificios, pero no deben usarse para evacuación en casos de siniestro o incendio en el interior del edificio. En caso de evacuación deben usarse solamente las escaleras fijas.

2

EL FUEGO Y LOS EDIFICIOS

2.1 CONSTRUCCIÓN Y RIEGOS

2.2 REACCIÓN AL FUEGO

2.3 RESISTENCIA AL FUEGO

2.4 PROTECCIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

2.5 SOLICITACIONES PRODUCIDAS POR EL FUEGO

2.6 EFECTOS Y COMPORTAMIENTO DE LOS EDIFICIOS EN LOS INCENDIOS

2.7 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD

2. EL FUEGO Y LOS EDIFICIOS



2.1 CONSTRUCCIÓN Y RIESGOS

Toda construcción lleva de manera más o menos implícita un determinado riesgo de incendio. Por ello, es fundamental ver de qué forma intervienen en un incendio los materiales de construcción del edificio, las instalaciones del mismo, las mercancías y demás elementos en él contenidos.

Todos ellos pueden desempeñar alguno de los siguientes papeles en el desarrollo de un incendio:

- Ser el iniciador del fuego o primer objeto inflamado.
- Ser propagador del fuego.
- Aportar energía térmica.
- Liberar humos y gases tóxicos o corrosivos.
- Resistir y/o contener el fuego.
- Ser alterado química o mecánicamente por la acción del fuego o sus manifestaciones (calor, humos y gases).
- Evacuar calor, humos y gases de combustión.
- Favorecer la velocidad de desarrollo del incendio por efectos geométricos y de tiro.

Todos los conceptos anteriores deberán ser tenidos en cuenta y valorados convenientemente en fase de proyecto o reforma de una edificación, para el logro del nivel de seguridad deseado contra el fuego.

Para ello deben atenerse a las normas y especificaciones que le marca el Código Técnico de la edificación (CTE), aprobado por el RD 314/2006, el cual es el principal documento normativo en materia de construcción y ejecución de los edificios y de las instalaciones.

El CTE está estructurado de acuerdo con los distintos requisitos y exigencias básicas que tienen que cumplir los edificios. Entre ellas están las "Exigencias Básicas de Seguridad en caso de Incendio" (DB - SI), cuyo objetivo consiste en reducir el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

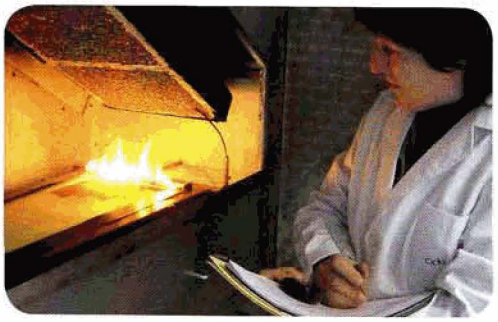
En lo que se refiere a la seguridad en caso de incendio en los establecimientos e instalaciones de uso industrial, ésta viene regulada por el "Reglamento de Seguridad contra incendios de los establecimientos industriales", aprobada por Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre.

No obstante, todo lo referente al aspecto normativo es analizado con mayor profundidad y detalle en el tema 4: "Prevención de incendios", incluido en el Volumen 2, de esta colección del Manual del Bombero.

2.2 REACCIÓN AL FUEGO

La reacción al fuego define el comportamiento de un material al fuego en función de su contribución al desarrollo del mismo, es decir, de su mayor o menor facilidad de combustión y de los productos que emite.

La reacción al fuego de los materiales se mide mediante ensayos normalizados realizados en laboratorio, dando



lugar a una determinada clasificación de reacción al fuego de los distintos materiales.

Hasta el año 2005 la clasificación de reacción al fuego de los materiales venía determinada por cinco clases (M0, M1, M2, M3, M4), que representaban de menor a mayor su grado de combustibilidad.

El R.D. 312/2005, anuló estas cinco clases y con objeto de adaptarse a las clasificaciones Europeas (euroclases) estableció la siguiente clasificación de productos en función de sus propiedades y reacción al fuego:

1. Contribución a la propagación del fuego.

- **A1:** No combustible; sin contribuir al fuego en grado máximo.
- **A2:** No combustible; sin contribuir al fuego en grado menor.
- **B:** Combustible con contribución muy limitada al fuego.
- **C:** Combustible con contribución limitada al fuego.
- **D:** Combustible con contribución media al fuego.
- **E:** Combustible con contribución alta al fuego.
- **F:** Sin clasificar.

2. Opacidad de los humos producidos.

- **s1:** Baja opacidad.
- **s2:** Opacidad media.
- **s3:** Alta opacidad.

3. Caída de gotas o partículas inflamadas.

- **d0:** No las produce.
- **d1:** Las produce en grado medio.
- **d2:** Las produce en grado alto.

4. Según su aplicación.

- Sin subíndice para materiales de techos y paredes.
- Con subíndice FL para materiales de suelos.
- Con subíndice L para materiales de aislamiento de tuberías y conducciones en general.

Por ejemplo:

· Un revestimiento **C-s2,d1** indica que colocado en paredes y techos es combustible con contribución limitada al fuego, produciendo humos de opacidad media y gotas o partículas inflamadas en grado medio.

· Otro revestimiento con la clasificación $\mathbf{B_{FL}}$**-s1** corresponde a un material que colocado en suelos es combustible con contribución muy limitada al fuego y produce humos de baja opacidad.

Los productos de construcción pétreos, cerámicos y metálicos, así como los vidrios, morteros, hormigones o yesos, se consideraran de clase A1 (M0).

2.3 RESISTENCIA AL FUEGO

Es la capacidad de un elemento de construcción para mantener, durante un periodo de tiempo determinado, la función portante que le sea exigible, así como la integridad y/o el aislamiento térmico.

Expresándolo en otras palabras, es la capacidad, medida en tiempo, durante la cual un elemento constructivo es capaz de permanecer cumpliendo la función para la cual ha sido colocado en el edificio al ser atacado por el fuego.

Al igual que la reacción al fuego, la resistencia al fuego de los elementos también se determina en laboratorios por medio de ensayos. Estos simulan unas condiciones normalizadas que tratan de reproducir las condiciones a las que se vería sometido el elemento en un incendio real.



Ensayo de resistencia al fuego en horno vertical en las instalaciones de Tecnalia (Azpeitia).

La actual clasificación de los elementos constructivos ante el fuego se determina mediante los siguientes parámetros:

• **R: Estabilidad o Capacidad portante.** Capacidad del elemento constructivo de soportar la exposición al fuego durante un periodo de tiempo sin pérdida de la estabilidad estructural.

• **E: Integridad.** Capacidad que tiene un elemento constructivo con función separadora, de soportar la exposición al fuego en una cara, sin que exista transmisión del mismo a la cara no expuesta, debido al paso de llamas o de gases calientes.

• **I: Aislamiento térmico.** Capacidad del elemento constructivo de soportar la exposición al fuego en un solo lado cumpliendo la función de aislante térmico, sin que se produzca la transmisión del incendio debido a una transferencia de calor significativa, desde el lado expuesto al fuego al lado no expuesto.

Estos parámetros se pueden combinar entre ellos dependiendo de las características del elemento, dando lugar a diferentes combinaciones R, E, RE, EI y REI.

Además, van seguidos de un número que representa el tiempo mínimo en minutos durante los cuales se cumplen estas exigencias, habiéndose establecido la siguiente escala de tiempos: 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360.

El fallo de cualquier criterio portante o de integridad, también supone el fallo del criterio de aislamiento.

Por ejemplo:

· Un elemento clasificado como **R120** mantiene su resistencia mecánica durante un mínimo de 120 minutos.

· Otro elemento **EI60** conserva su integridad y aislamiento durante un tiempo mínimo de 60 minutos

· Por último, un elemento clasificado como **REI90** conserva su resistencia mecánica, su integridad y su aislamiento durante al menos 90 minutos.

2.4 PROTECCIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Es evidente, que interesa construir y decorar las edificaciones con materiales de la mejor reacción y resistencia al fuego posible. No obstante, existen elementos que por sí mismos no cumplen las exigencias de resistencia al fuego a la que obliga la normativa.

En algunos casos, para mejorar su reacción al fuego, los materiales pueden ser tratados interna o externamente mediante un proceso denominado ignifugación. En otros, para poder conseguir las exigencias o requerimientos mínimos de resistencia al fuego, es necesario recurrir a algún sistema de protección o recubrimiento.

Existen diferentes sistemas de protección contra el fuego, entre los que podemos destacar los siguientes:

• **Morteros.** Este sistema suele ser el más habitual por ser el más económico. Se aplica por proyección, existiendo distintos tipos y clases de morteros. Uno de los más utilizados son los morteros de perlita y vermiculita. La perlita, es una roca volcánica vítrea, que a altas temperaturas sigue conservando todas las propiedades iniciales del mineral. Aplicado también mediante proyección, adquiere un aspecto de color blanco marfil y tacto rugoso, aunque puede ser pintado posteriormente o alisado con yeso. Otro tipo son los morteros proyectados de lana de roca, que se utilizan para el aislamiento al fuego de elementos estructurales, forjados y paredes o también como aislamiento térmico bajo forjados y cubiertas.



Protección contra el fuego mediante mortero proyectado de lana de roca.

• **Pinturas intumescentes**. Se aplican sobre la superficie del elemento a través de diferentes métodos y técnicas. Cuando estas pinturas son sometidas a la acción del fuego, sus componentes hacen una reacción química de intumescencia progresiva que da lugar a una masa carbonosa con un coeficiente de transmisión térmica muy bajo, mil veces menor que el del acero. Su grosor aumenta unas 50 veces su volumen inicial y la pintura se transforma en una gruesa capa o película aislante que protege la estructura metálica de la acción del fuego.



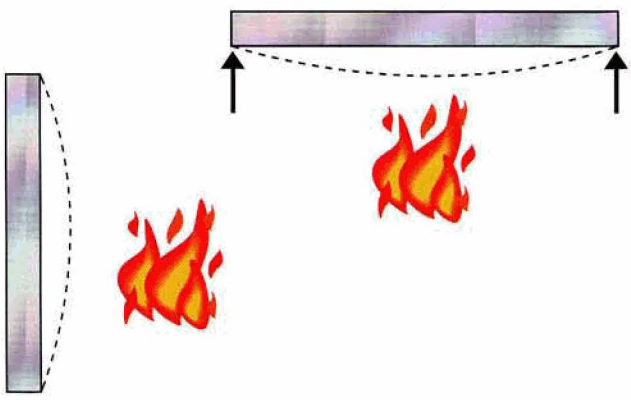
Aplicación de pinturas intumescentes en estructuras metálicas.

• **Forrado con paneles.** En este caso, para mejorar la estabilidad frente al fuego se recurre al forrado de los diferentes elementos constructivos con paneles. Estos se suelen presentar en forma de plancha o tablero de diferente rigidez y resistencia. Los paneles pueden ser de distintos materiales, como los compuestos de lana de roca, de cartón-yeso, laminados con lana mineral o los fibrosilicados. Esta solución se utiliza para la protección de estructuras metálicas, techos, bandejas de cables, conductos, puertas cortafuegos, etc.

2.5 SOLICITACIONES PRODUCIDAS POR EL FUEGO

De cara a comprender el comportamiento y los efectos producidos por el fuego y las altas temperaturas sobre los elementos estructurales, es importante conocer cuáles son las solicitaciones y esfuerzos que se generan en ellos.

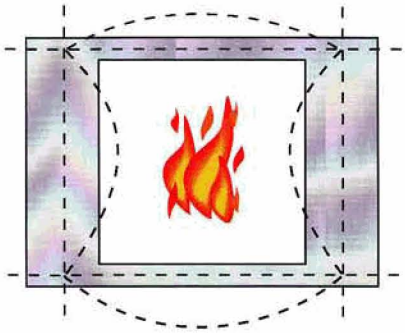
En general, cualquier elemento de un edificio como un muro, una viga o una columna, tenderá a curvarse hacia la superficie calentada.



Flexión de viga y columna independiente.

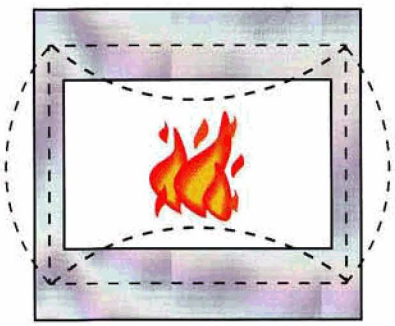
Sin embargo, en una estructura real, en la que columnas y vigas se interconectan, la flexión puede verse alterada dependiendo fundamentalmente de la rigidez de los elementos afectados.

Por ejemplo, si se produjera un incendio en un entramado de vigas y columnas, la flexión de la viga podría llegar a invertirse si la rigidez de los pilares fuera mucho mayor que la de la viga.



Interacción de columnas rígidas y vigas delgadas.

De la misma forma se podría llegar a invertir la flexión de los pilares, si las vigas fueran considerablemente más rígidas que és



Interacción de columnas delgadas y vigas rígidas.

La situación de las cargas sobre los vanos adyacentes a aquél que está sometido a un incendio, también puede influir sobre la estructura contrarrestando el movimiento o deformación provocada por el fuego.

Por otro lado, las altas temperaturas debidas al calor generado en un incendio provocarán movimientos y dilataciones en los elementos afectados, que pueden dar lugar a empujes sobre otros elementos adyacentes.

Si el elemento afectado tiene limitada su posibilidad de dilatar, se originaran tensiones internas dentro del propio elemento.

Además de estos esfuerzos transmitidos a la estructura como consecuencia de las dilataciones, el fuego provoca sobre los materiales unos deterioros que afectan a las propiedades resistentes de los elementos estructurales que pueden ver seriamente disminuida su resistencia y capacidad portante a partir de determinadas temperaturas.

Todos estos efectos se suman a los normales de carga, pudiendo producirse un colapso anticipado de toda la estructura.

Por otro lado, también es necesario tener en cuenta el efecto del agua utilizada para extinción de incendios en los edificios, ya que esta puede afectar de distintas maneras a la estabilidad de la estructura:

· El agua proyectada en cantidades importantes puede acumularse sobre las plantas o forjados, y su peso puede producir sobrecargas sobre la estructura, aumentando el riesgo de colapso de la misma.

· Si se procede a un rápido enfriamiento de elementos estructurales metálicos sometidos a temperaturas elevadas, se puede provocar una súbita pérdida de resistencia por los efectos de contracciones descompensadas o de cristalización de las partículas internas del material. En este sentido, las contracciones pueden llegar a ser más peligrosas que las propias dilataciones, al producirse enfriamientos bruscos que provoquen tensiones internas y fragilización del elemento.

· Además, los daños sobre los elementos de la estructura y el contenido del edificio serán mayores cuanta más cantidad de agua proyectada a chorro se haya empleado durante la extinción.

Estos efectos del agua sobre los materiales estructurales y las superficies especialmente calientes, pueden ser tan destructivos como el propio fuego.



Por este motivo, es recomendable que en incendios de edificios los bomberos intenten hacer un uso racional del agua de extinción, intentando en todo caso:

· Limitar el uso de agua a chorro a los casos necesarios, debido a su menor protección frente al fuego, menor aprovechamiento del agua de extinción y mayores daños por el peso y e impacto.

· Refrigerar las estructuras metálicas sometidas al efecto del fuego para evitar que alcancen temperaturas elevadas que puedan provocar una reducción de la capacidad resistente del acero. No obstante, si las estructuras se encuentran ya a altas temperaturas, se debe tener especial cuidado al proyectar agua directamente sobre acero de las armaduras del hormigón o los perfiles de acero laminados, debido a los posibles efectos de cristalización comentados anteriormente.

2.6 EFECTOS Y COMPORTAMIENTO DE LOS EDIFICIOS EN LOS INCENDIOS

Cuando se origina un incendio en un edificio y sus elementos están sometidos a la acción del fuego, se produce sobre ellos una serie de efectos que básicamente podemos resumir en:

- Empujes debidos a la dilatación de los elementos estructurales.

- Pérdida de la capacidad resistente, que puede ser debida a la:

- Pérdida de la resistencia del material por efecto de la temperatura.

- Disminución de la sección resistente del material.

Estos efectos pueden provocar a su vez unos daños que tendrán mayor importancia cuando se produzcan en elementos estructurales, ya que en tal caso, la estabilidad de la edificación podría verse afectada, con el correspondiente riesgo de colapso parcial o total y peligro para las vidas humanas.

Una lesión producida sobre un forjado, aunque pueda ser importante, tendrá un carácter eminentemente local y su trascendencia en el resto del edificio será normalmente pequeña. Sin embargo, lesiones producidas en vigas y especialmente en pilares pueden tener consecuencias sobre la mayor parte de la estructura. Así, el colapso de un pilar de hormigón en la planta baja, puede provocar la caída del resto de la estructura.

Cada estructura tiene un comportamiento diferente en los incendios, que dependerá de una serie de variables y características relacionadas con el diseño del conjunto, los materiales empleados, la forma de los elementos, etc.

Como norma general, las características que determinarán como se va a comportar un elemento ante un incendio vendrán dadas por su:

• **Reacción al fuego / Combustibilidad:** Define si el elemento es capaz de arder, aumentando en tal caso la carga de fuego total del incendio.

• **Coeficiente de dilatación:** Un material que dilate mucho producirá esfuerzos en otras partes de la estructura, aunque no estén afectadas por el fuego o el calor.

• **Conductividad térmica:** Si el material conduce bien el calor, éste se redistribuirá por toda la estructura, afec-

tando a mayor cantidad de elementos. Además, puede producir focos alejados del origen al propagarse por conducción. Si es mal conductor no disipará parte del calor y la temperatura de la zona afectada subirá más rápidamente.

• **Resistencia mecánica al calor:** Un material que conserve estable su resistencia mecánica ante el incremento de temperatura, tendrá un mejor comportamiento en un incendio al poder mantener su capacidad portante a temperaturas elevadas.

• **Masa:** Cuanto más masa tenga un elemento, mayor cantidad de calor será necesaria para aumentar su temperatura, y por tanto producir en él reacciones del tipo que sean.

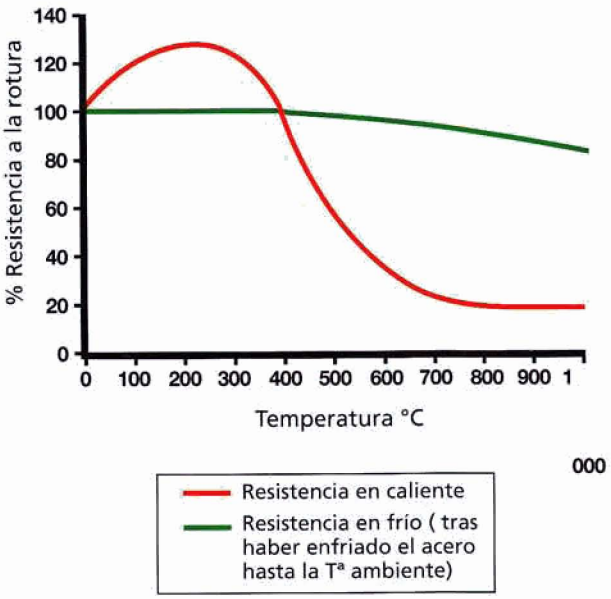
• **Forma / Superficie expuesta:** Cuanto más superficie tenga expuesta al fuego un elemento y más pequeño sea su espesor, mayor será su exposición real y su afección a los efectos del calor.

En el siguiente apartado se va a analizar cuál es el comportamiento de los diferentes tipos de estructuras ante el fuego en base a estas características y como es el proceso en el que puede llegar a producirse el colapso.

2.6.1 ESTRUCTURAS METÁLICAS

• **Características y comportamiento ante el fuego**

CARACTERÍSTICA	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAS METÁLICAS
Reacción al fuego / Combustibilidad	**No combustible:** el acero es un material clasificado A1 (M0). Al no arder, no aportará mayor carga térmica al incendio.
Coeficiente de dilatación	**Alto:** dilata mucho por lo que el calor del incendio hará aumentar la longitud de los elementos de acero, pudiendo producir esfuerzos importantes en toda la estructura.
Conductividad térmica	**Alta:** conduce muy bien el calor. Un elemento de acero expuesto al incendio sufrirá un incremento de la temperatura en todo él, pudiendo propagar el incendio a lugares alejados del foco inicial.
Resistencia mecánica al calor	**Baja:** el acero pierde resistencia con el aumento de temperatura. A partir de 250 °C, comienza a disminuir su resistencia, siendo esta pérdida considerable a partir de unos 400°C. A partir de 538 °C, denominado "punto crítico" la caída de la resistencia ya es muy acusada (por encima del 50%), la estructura no puede soportar la carga de diseño y puede presentarse el colapso en cualquier momento.
Masa	**Baja:** los perfiles y elementos de acero son bastante ligeros en comparación con otros elementos, como el hormigón armado (unas 10 veces menos peso para unas resistencias similares).
Forma / Superficie expuesta	**Alta:** suelen tener una gran cantidad de superficie expuesta debido a que los perfiles de acero tienen secciones que se adaptan a las necesidades resistentes. Además suelen ser de espesores pequeños, por lo que toda la masa de acero aumenta de temperatura con gran facilidad.



48 *Influencia de la Temperatura sobre la resistencia del acero.*

• Colapso de las estructuras de acero

Aunque el acero es incombustible, es el material estructural más peligroso para los bomberos, ya que pierde su resistencia a las altas temperaturas que se alcanzan en un incendio. Además se dilata fácilmente con el calor, de forma que puede provocar un desplome repentino debido a la ruptura o desplazamiento de los apoyos de las vigas.

En un incendio, el acero sometido a esos esfuerzos y temperatura, no se llega a romper, sino que se pliega o se retuerce en función de las solicitaciones y esfuerzos a los que se encuentra sometido.



En cualquier incendio, siempre se deben refrigerar las estructuras de acero para evitar que éstas alcancen temperaturas elevadas y se produzcan los efectos ya comentados. No obstante, si se encuentran ya a altas temperaturas, se debe evitar realizar un enfriamiento brusco de las mismas; ya que aunque durante el siniestro el mayor peligro de colapso se produce por el aumento de temperatura, su posterior y repentino enfriamiento puede producir daños que también produzcan el colapso de la estructura.

Los puntos más débiles de las estructuras metálicas suelen ser las piezas largas y de poca sección, más vulnerables al efecto del calor y las dilataciones. Su colapso suele sobrevenir por pandeo.



Estructura de acero deformada por incendio.

Una vez extinguido el incendio y enfriados los elementos estructurales de acero, sus características resistentes no habrán variado, es decir son las mismas que las iniciales. Por este motivo, si no se han producido deformaciones permanentes en los elementos de estructura, estos siguen siendo válidos.

No obstante, si la temperatura alcanzada por un elemento de acero ha sido muy elevada (a partir de 800/900°C) es probable que el acero se haya "quemado" (su carbono estructural ha sido afectado) no siendo entonces aprovechable, debiendo procederse a su sustitución.

• Protección de los elementos de acero

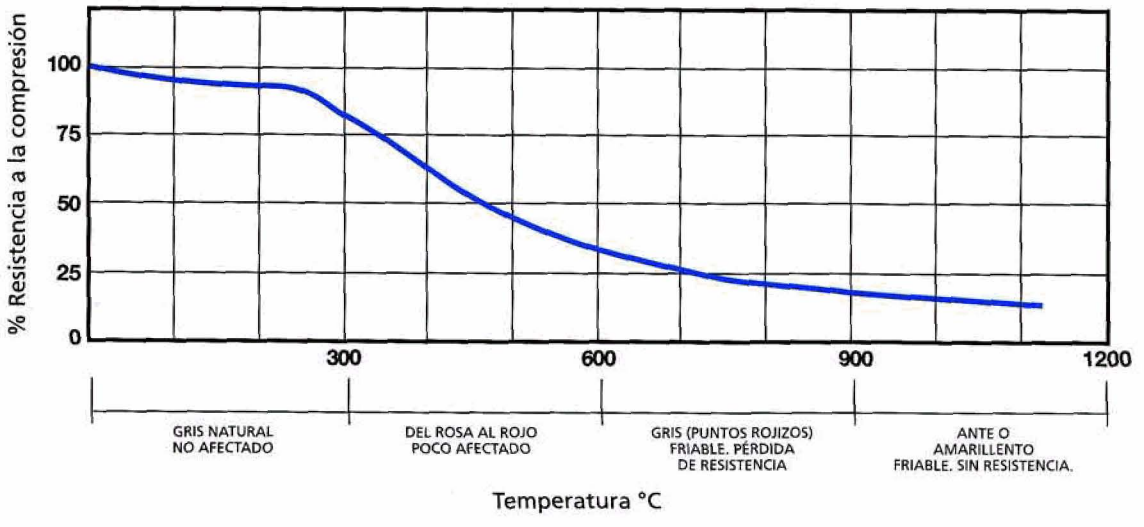
Para aumentar la resistencia al fuego de los elementos de acero estructurales, suele ser necesario protegerlos con cualquiera de los tres sistemas comentados en el punto 2.4., de forma que en caso de incendio, disminuya el calor que estos reciben y queden menos expuestos a las altas temperaturas.

Para ello se suele realizar su forrado, revestido o pintado con productos o materiales aislantes térmicos constituidos de mantas de fibra cerámica y de lana de roca, trasdosados de yeso o escayola, cajeados de ladrillo, morteros aislantes proyectados, pinturas intumescentes, etc.

2.6.2 ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

- **Características y comportamiento ante el fuego**

CARACTERÍSTICA	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN
Reacción al fuego / Combustibilidad	**No combustible:** el hormigón es un material clasificado A1 (M0). Por tanto, al no arder, no aporta mayor carga térmica al incendio.
Coeficiente de dilatación	**Bajo:** dilata muy poco debido a que es un material pétreo. El calor del incendio no aumentará la longitud de los elementos de hormigón, por lo que no se producirán esfuerzos en lugares alejados del foco de calor.
Conductividad térmica	**Baja:** conduce muy mal el calor. Un elemento de hormigón expuesto al incendio sufrirá un incremento de la temperatura tan sólo en la parte afectada.
Resistencia mecánica al calor	**Baja:** el hormigón armado pierde resistencia con el aumento de temperatura de forma parecida al acero. Esta pérdida es significativa a partir de 300ºC. A 500ºC su resistencia es el 50% de la inicial, pudiendo superar los márgenes de seguridad de cálculo. A partir de 600ºC el hormigón se vuelve friable, es decir, fácilmente rompible o desmenuzable. Normalmente la pérdida de resistencia se acompaña de un cambio de color en la masa del hormigón.
Masa	**Alta:** los elementos de hormigón suelen ser pesados, por lo que requieren gran cantidad de calor para aumentar su temperatura.
Forma / Superficie expuesta	**Baja:** suelen tener secciones simples rectangulares. La cantidad de superficie expuesta es relativamente pequeña.



Influencia de la temperatura sobre la resistencia a compresión del Hormigón. Cambios de color en el Hormigón según su Tª alcanzada.

• **Colapso de las estructuras de hormigón armado**

El hormigón presenta la mejor resistencia al fuego de todos los materiales de estructura corrientes, utilizándose incluso para proteger elementos estructurales de otros materiales.

Sin embargo, aunque en un incendio no es frecuente el derrumbamiento de las estructuras de hormigón armado, este puede llegar a producirse debido fundamentalmente al proceso detallado a continuación:

- calentamiento excesivo de las capas exteriores de hormigón.
- "spalling", rotura, desconchamiento o resquebrajamiento de las capas externas del hormigón.
- exposición de las armaduras de acero al fuego y altas temperaturas.
- pérdida de resistencia de las armaduras de acero.
- pérdida de capacidad portante del elemento y consiguiente hundimiento del mismo o de toda la estructura.

La rotura del hormigón se origina a partir de dos procesos simultáneos. El primero es un proceso termomecánico, relacionado con los gradientes de dilatación térmica que se producen en la estructura. El segundo es un proceso termohidráulico, asociado a un aumento de la presión interna del vapor de agua retenido en los poros. El proceso de rotura es la conjunción de fenómenos termo-hidromecánicos.

Cuando un elemento de hormigón armado es sometido a la acción del fuego, debido a su gran masa, poca superficie y escasa conductividad térmica, el tiempo necesario para que la masa de hormigón alcance altas temperaturas aumenta considerablemente respecto a los elementos metálicos.

De esta forma, el recubrimiento de hormigón que se encuentra entre la superficie y la armadura, actúa en un inicio como un aislante, protegiendo la ferralla y retrasando la llegada de calor a la misma. Además, en esta primera fase del fuego, el agua libre o capilar incluida en el hormigón empieza a evaporarse, retardando de esta forma, el calentamiento del mismo.

Sin embargo, a medida que avanza el proceso de incendio, la capa de recubrimiento de hormigón sufre tensiones internas, debida a la diferente dilatación que experimentan las capas exteriores respecto a las interiores, que acaban por resquebrajarse.

Al mismo tiempo, se está produciendo un aumento de la presión interna del agua que queda retenida en el interior no permeable y que se encuentra sometida a temperaturas muy por encima de la de ebullición, generando tensiones de tracción en el material.

Esta alta presión de vapor generada por las altas temperaturas, da lugar a tensiones locales elevadas que, en ocasiones puede producir una rotura explosiva de la capa de hormigón, conociéndose este fenómeno como **"spalling"**.

Durante un incendio, la pérdida de hormigón producida por la rotura explosiva ocasiona que capas más profundas se expongan al fuego, aumentando así el acceso de calor a las capas internas de la estructura.

Cuando el recubrimiento de hormigón se pierde y las armaduras de acero quedan expuestas al fuego, estas conducen el calor rápidamente, y se incrementa la diferencia de temperatura, acelerándose la rotura del hormigón y provocando la pérdida de resistencia de las armaduras y produciéndose el colapso de forma brusca.



Pabellón con estructura de hormigón armado colapsado tras un incendio.

Después de un incendio y mediante un examen visual del hormigón es posible hacerse una idea aproximada de la temperatura que este ha alcanzado y de la resistencia residual que mantiene.

Según se haya producido la penetración del calor en grados de intensidad, las distintas capas de hormigón afectadas quedan coloreadas con unos tonos determinados. Si procedemos a un análisis del mismo, es posible hacernos una idea de la temperatura alcanzada por el hormigón y su grado de afección, gracias a la relación que existe entre Color - Temperatura alcanzada - Resistencia.

Si tras un incendio limpiamos el humo y hollín y descascarillamos ligeramente la capa externa de hormigón, podemos observar el cambio de color en la superficie:

· Hasta los 200-300 °C el hormigón mantiene su color gris original y su resistencia inicial.

· Entre los 300 °C y los 600 °C el hormigón adquiere tonos rosáceos, variando del rosa al rojo a medida que aumenta la temperatura. El hormigón comienza a verse afectado pero permanece prácticamente sano.
· Entre 600 °C y 900 °C cambia a un segundo gris con partículas rojas. La pérdida de resistencia del hormigón afectado es ya importante.
· A partir de 900 °C adquiere un color ante o amarillo pálido. Su resistencia es prácticamente nula.

• Estructuras de hormigón pretensado

Además de elementos de hormigón armado, encontraremos estructuras que, total o parcialmente, están realizadas con hormigón pretensado, como viguetas de forjados, vigas y cerchas prefabricadas, etc.

El comportamiento ante el fuego de esta clase de elementos es diferente al que tiene el hormigón armado normal, ya que sus armaduras tienen mayor resistencia y un diámetro menor. Esto hace que al verse afectadas por el fuego su resistencia disminuye rápidamente a partir de los 300°C.

Estas armaduras "pretensadas", se pueden deformar rápidamente cuando alcanzan esas temperaturas, y perder esa fuerza de pretensado, por lo que van a tener una resistencia al fuego menor que las armaduras del hormigón armado "normal".

Si la armadura metálica de un hormigón pretensado se ha visto alterada o deformada por las altas temperaturas producidas en un incendio, ésta deformación le habrá liberado de las tensiones internas con las que fue colocado en obra y no recuperará su pretensión inicial una vez enfriado.

• Protección de los elementos de hormigón armado

Para tener un comportamiento correcto ante un fuego, las armaduras metálicas de un elemento de hormigón armado deberían mantener una distancia mínima a la superficie de 40 mm. Sin embargo, en la práctica se dan muchas obras donde estas se encuentran tan solo recubiertas por unos 25 mm de hormigón.

La protección de los elementos de hormigón armado ante el fuego se suele realizar mediante diversos procedimientos como su "forrado" con elementos que lo aíslen del foco de calor, la aplicación de morteros o mediante revestimientos cerámicos ablativos en forma de pasta fluida que evitan o retrasan la aparición del "spalling"

No obstante, lo más eficaz es tener en cuenta esta necesidad durante el momento de la construcción y aumentar el espesor del recubrimiento de hormigón.

2.6.3 ESTRUCTURAS DE MADERA

• Características y comportamiento ante el fuego

CARACTERÍSTICA	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAS DE MADERA
Reacción al fuego / Combustibilidad	**Combustible:** la madera es un material combustible, por lo que al arder, aportará mayor carga térmica al incendio.
Coeficiente de dilatación	**Bajo:** dilata muy poco. El calor del incendio no hará aumentar la longitud de los elementos de madera, y no se producirán esfuerzos adicionales debidos a alargamientos excesivos.
Conductividad térmica	**Baja:** conduce muy mal el calor. Un elemento de madera expuesto al fuego sufrirá un incremento de la temperatura tan sólo en la parte afectada.
Resistencia mecánica al calor	**Alta:** la madera sana no quemada, no sufre alteraciones de resistencia considerables con el aumento de temperatura. Sin embargo, a medida que la madera se va quemando, como la parte carbonizada apenas tiene resistencia, su sección resistente se va reduciendo.
Masa	**Baja:** los elementos de madera son ligeros, por lo que no requieren gran cantidad de calor para aumentar su temperatura. No obstante, la necesidad de evaporar la humedad natural absorbe mucho calor antes de aumentar la temperatura del elemento de madera.
Forma / Superficie expuesta	**Baja:** suelen tener secciones rectangulares y forma alargada, por lo que la cantidad de superficie expuesta es relativamente pequeña.

• **Colapso de las estructuras de madera**

La madera, al contrario que el acero y el hormigón, es combustible, pero puede proporcionar una seguridad razonable durante un incendio en función de su densidad, contenido de humedad y sección del elemento que se vea afectado.

Las estructuras de madera al ser sometidas a la acción del fuego no colapsan por pérdida de la resistencia mecánica de la madera, sino por pérdida de la sección resistente del elemento afectado. La capacidad de resistir las cargas en caso de incendio dependerá del área de la sección transversal que no resulte afectada.

El fuego ataca el elemento de madera, haciéndolo arder en capas concéntricas de fuera hacia adentro. Tras la acción continuada de las llamas se produce una capa de carbón, que protege al corazón de la madera de los efectos del fuego. El carbón así producido es mejor aislante que la propia madera, pero de nulas propiedades resistentes.

Sin embargo, a medida que se carboniza la pieza, la sección útil de la misma va siendo menor, llegando un momento en el que la cantidad de material del elemento es insuficiente para soportar los esfuerzos, lo que provoca el fallo o rotura de este.

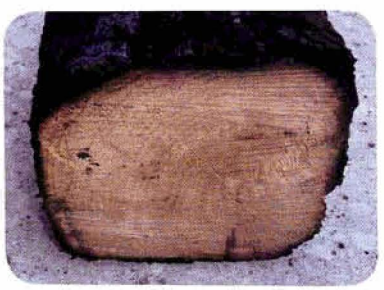
La evolución y comportamiento de las estructuras de madera puede verse alterada si además se encuentra afectada por humedades, hongos, nudos, insectos xilógafos (carcoma, termitas, etc.) y por la existencia de elementos metálicos incluidos en su estructura.

• **Protección de los elementos de madera**

Normalmente se realiza a base de recubrimientos, en forma de barnices intumescentes, que suelen actuar como retardadores.

• **Colapso de los muros de carga**

Generalmente los muros de carga tienen un buen comportamiento frente al fuego, proporcionando un grado aceptable de seguridad en caso de incendio.



La capa carbonizada no tiene propiedades resistentes, aunque en un inicio protege a la madera del fuego.

2.6.4 MUROS DE CARGA

• **Características y comportamiento ante el fuego**

CARACTERÍSTICA	COMPORTAMIENTO MUROS DE CARGA
Reacción al fuego / Combustibilidad	**No combustible:** suelen estar realizados de materiales incombustibles (fábrica, hormigón, piedra,..), por lo que su comportamiento general ante el fuego es bastante bueno
Coeficiente de dilatación	**Bajo:** dilata muy poco al estar hechas de materiales pétreos o cerámicos, por lo que no se producirán esfuerzos debidos a dilataciones en lugares alejados del foco de calor.
Conductividad térmica	**Baja:** conducen mal el calor, por lo que un muro de carga expuesto al incendio sufrirá un incremento considerable de la temperatura tan sólo en la parte afectada.
Resistencia mecánica al calor	**Alta:** si el muro está compuesto por materiales pétreos, piedra sillería, ladrillos con bajo índice de huecos, etc. **Media/baja:** si el muro está realizado en hormigón, ladrillos con alto índice de huecos, etc.
Masa	**Alta:** suelen ser elementos de gran masa, por lo que tienen gran inercia térmica, y necesitan gran cantidad de calor para aumentar su temperatura.
Forma / Superficie expuesta	**Alta:** suelen tener una gran cantidad de superficie expuesta debido a que presentan grandes secciones longitudinales.

Tanto los muros de carga construidos de fábrica como los de hormigón mantienen durante mucho tiempo su capacidad portante al verse afectados por la acción del fuego, debido a que el espesor de sus muros y su propia inercia térmica les confiere un buen grado de seguridad frente al incendio.



Por ello, es habitual ver tras el incendio de un caserío o edificio construido con muros de carga, que a pesar de que toda la cubierta y estructura interior se ha hundido sus muros permanecen en pie sin desplomarse, lo cual nos da una idea de su resistencia.

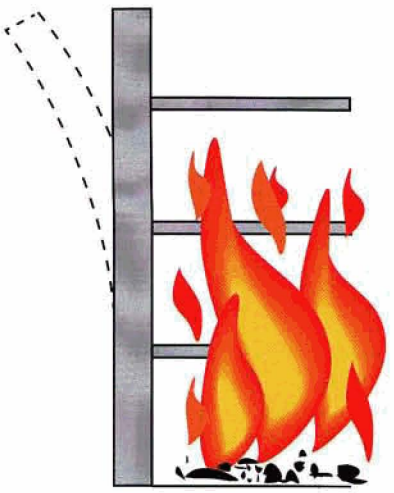
El problema fundamental de este tipo de estructuras está en la existencia de lesiones por disgregación, desplomes, asientos, etc., que pueden verse agravados por las sobrecargas del agua de extinción o por las producidas a causa del desplome de los forjados.



Paredes maestras en pie tras incendio en edificio de muros de carga.

En caso de desprendimiento o hundimiento de varios forjados puede existir peligro de desplome de los muros por falta de arriostramiento y trabarán entre ellos.

De la misma forma, si el incendio tiene una magnitud considerable, al tener una mala conductividad térmica, provocará una diferente dilatación en cada una de sus dos caras, lo que puede provocar la caída por desplome de todo o parte del muro hacia la cara fría (cara no afectada por el fuego).



Desplome de un muro de carga.

- **Comportamiento de las estructuras de albañilería**

La albañilería, en forma de ladrillo macizo o hueco, bloques de mortero aligerados o normales y bloques de hormigón celular aireado ofrece también una considerable resistencia al fuego.

Esta resistencia dependerá también del índice de huecos que tengan los ladrillos y bloques que lo compongan.

Los ladrillos y bloques de hormigón con huecos que no excedan el 25% del volumen pueden resistir en el horno de ensayos, durante cuatro horas, una temperatura de hasta 1.100ºC sin fusión o disgregación de la cara expuesta. Los bloques de mayor índice de huecos suelen llevar un sistema de paredillas interiores que pueden quedar destruidas por las altas tensiones de origen térmico que atraviesan la sección.

Los bloques de hormigón aireado son mejores aislantes, pero como pierden más resistencia que otros tipos de bloques es necesario incrementar bastante la sección.

A medida que va subiendo la temperatura, la cara calentada, no sólo pierde resistencia, sino que se pueden crear unas condiciones de excentricidad de carga que acaban convirtiéndose en una pérdida de capacidad resistente de la sección debida a la inestabilidad.

Otros elementos como las bovedillas y otros materiales cerámicos dilatan y estallan violentamente al no resistir el cambio brusco de temperatura del incendio al agua de extinción.

2.7 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD

2.7.1 LA SEGURIDAD EN INTERVENCIONES DE FUEGO EN EDIFICIOS

Como norma general, puede decirse que en los incendios en edificios los objetivos principales de los Servicios de Extinción de Incendios se centran en rescatar o auxiliar posibles víctimas, minimizar daños en la estructura y contenido del edificio y limitar el alcance del incendio al recinto donde se ha producido, además lógicamente, de apagar el propio incendio.

Sin embargo, es habitual oír comentar a los bomberos que cada incendio es distinto. Esto es debido a que la evolución de un incendio en un edificio o recinto cerrado está determinada por las condiciones en que el combustible y el comburente se combinan. Además, podrá afectar en mayor o menor medida al edificio o construcción donde tiene lugar el incendio, en función de otros factores y variables relacionados con las características de la construcción, como tipo de estructura, geometría y tamaño del edificio, materiales empleados, estado de conservación, lesiones previas, lugar de inicio del fuego, ventilación, sectorización, etc.

Esta diversidad de variables y posibilidades hace que, efectivamente, cada incendio se pueda desarrollar de forma muy diferente, pudiéndonos encontrar con múltiples situaciones y escenarios distintos, que además suelen ser cambiantes con el transcurso del tiempo.



Todo este amplio abanico de situaciones y escenarios diferentes en la que los bomberos deben intervenir, junto a la variabilidad e inestabilidad de las condiciones y a la urgencia o premura con la que en la mayoría de los casos se debe actuar, hacen imposible la realización de un riguroso análisis de los riesgos en cada momento de la intervención.

El estudio, análisis y evaluación de los riesgos que cada situación conlleva y que podría amenazar la seguridad de los bomberos, requeriría una labor compleja, que supondría analizar diferentes parámetros, datos y modelos, con el fin de predecir la realización de un determinado suceso, el momento de su materialización e intensidad, y su previsible grado de afección tanto en los bomberos como en el entorno.

Esta forma de actuar paralizaría e impediría cualquier acción de los Servicios de Extinción en todas sus actuaciones de emergencia, perdiendo por tanto su razón de ser y el sentido con el que estos servicios han sido creados. Por este motivo, los Servicios de Emergencia durante sus intervenciones quedan fuera de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales, que son aplicables a todos los demás trabajadores.

De esta forma, el artículo 3 de dicha Ley, donde se define su ámbito de aplicación, dice que "esta no será de aplicación en aquellas actividades cuyas particularidades lo impidan en el ámbito de servicios operativos de protección civil en los casos de grave riesgo, catástrofe y calamidad pública".

Esto no quiere decir que la salud y seguridad de los trabajadores de los Servicios de Emergencia no deba cuidarse y protegerse en estos casos. De hecho, a continuación se añade que "esta Ley inspirará la normativa específica que se dicte para regular la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores que prestan sus servicios en las indicadas actividades".

Esto implica que debe seguirse el espíritu que marca la Ley en todos los aspectos que sea posible. Y para ello, el personal de los Servicios de Emergencia también durante las intervenciones, debe realizar su trabajo adoptando una serie de medidas de seguridad y de protección; y valorando, reduciendo y evitando al máximo los riesgos y peligros que se presenten.

Conviene recordar, por tanto, que **la primera norma que debe atender siempre un bombero en toda intervención, hace referencia a su propia seguridad.**

Por este motivo, es preciso que en los incendios urbanos, los bomberos conozcan y sepan valorar los riesgos y peligros que pueden presentarse en este tipo de intervenciones, ya que lógicamente, no podrán socorrer a ninguna víctima, ni colaborar en las tareas de extinción, si ellos mismos resultan lesionados durante la misma.

Para poder tomar decisiones operativas durante las intervenciones y al mismo tiempo actuar con un grado aceptable de seguridad, existen métodos o sistemas

que permiten estimar algunos de estos parámetros, si bien, el desarrollo y explicación de estas metodologías se escapan de la finalidad de este manual.

Tampoco es objeto de este texto acometer un análisis de todos los riesgos posibles que pueden encontrarse los bomberos en las intervenciones de fuego en edificios, sino recoger y exponer de manera sencilla algunas situaciones de riesgo, que de forma habitual son comunes en muchas de estas intervenciones.

Lógicamente no están todos los riesgos posibles, pero sí muchos de los que suelen ser motivo de accidente de bomberos durante las intervenciones de fuego en edificios.

El objetivo por tanto de este apartado, es que el bombero sea capaz de reconocer e identificar esas situaciones de riesgo, para una vez analizadas y evaluadas convenientemente, poder evitarlas o minimizarlas tomando las correspondientes y oportunas medidas de seguridad.

2.7.2 FACTORES DE RIESGO EN INCENDIOS DE EDIFICIOS

Antes de empezar a analizar los factores y situaciones de riesgo en incendios de edificios, conviene recordar algunos conceptos y definiciones:

Un **Peligro** es una condición intrínseca (también llamado "fuente") presente en el ambiente (por ejemplo, humo, llamas, altura, etc.), con potencial suficiente para provocar lesiones o daños.

Un **Riesgo** es la probabilidad de que una situación potencial o fuente de peligro se materialice en un accidente o suceso no deseado, produciendo en tal caso daños o pérdidas.

Si nos referimos a nuestro trabajo como bomberos, un riesgo puede decirse que es aquella situación de peligro que si se produjese, podría causarnos lesiones de diversa gravedad (intoxicación, aplastamiento, quemaduras, etc.) o incluso la muerte.

A veces el riesgo se suele expresar de forma matemática, con el fin de hacerlo más práctico y evaluable. Expresado de esa forma, el riesgo es el producto de la probabilidad de que ocurra un suceso por la magnitud de sus consecuencias.

Riesgo = Probabilidad x Daño

Para reducir los riesgos podremos trabajar sobre ambos factores, bien sea reduciendo la probabilidad de que un hecho suceda, o bien limitando o eliminando sus consecuencias. Trabajar con seguridad implica, por tanto, trabajar sin riesgo. De la misma forma puede decirse, que nuestra seguridad en el trabajo será mayor cuanto menor sea el riesgo con el que lo hagamos.

De forma general puede considerarse que la mayoría de los riesgos que se presentan en los incendios de edificios van a estar originados por dos factores o fuentes de peligro diferentes:

- **Por el fuego y los productos de la combustión.**
- **Por el edificio o recinto donde tiene lugar el incendio, debido al efecto del fuego sobre él.**

Todos los riesgos originados por estos factores pueden llegar a ocasionar lesiones de diversa consideración a los bomberos. Si nos atenemos a la naturaleza de estas lesiones, todas ellas se pueden encuadrar en cuatro grandes grupos:

- **Quemaduras**
- **Intoxicaciones por inhalación de humos o gases tóxicos.**
- **Lesiones por caída de material o elementos del edificio sobre los bomberos.**
- **Lesiones por caída de los bomberos.**

Dependiendo de las circunstancias en que se produzca cada accidente, la gravedad de estas lesiones podrá tener una menor o mayor relevancia; pudiendo suponer desde lesiones leves sin demasiada importancia, hasta incluso la muerte de los afectados.

Una parte importante de estas lesiones van a poder ser evitadas o limitadas por los bomberos mediante el uso correcto del **Equipo de Protección Individual (EPI).**

En algunos casos, nuestro EPI nos ayudará a reducir el riesgo, minimizando el daño o el efecto que tendría sobre nuestro cuerpo una eventual situación peligrosa. De esta forma obtenemos protección a las altas temperaturas, a una atmósfera con déficit de oxígeno o presencia de gases tóxicos, a la caída de objetos sobre nuestra cabeza, etc.

En otros casos, el EPI nos ayuda a reducir el riesgo, aportándonos las herramientas o los medios que reducen la probabilidad de que ocurra un accidente o suceso no deseado. Por ejemplo, la radio nos aporta comunicación con otros bomberos, pudiendo evitar situaciones que puedan dar lugar a accidentes, como informarnos de una bajada de la presión o corte del suministro de agua, de un posible colapso del edificio, etc.

El Equipo de Protección Individual de un bombero en incendios de edificios, debe estar compuesto por los

siguientes elementos:

1. Casco con pantalla protectora
2. Linterna
3. Verduguillo de aramida u otro material resistente a las llamas y al calor
4. Chaquetón ignífugo de varias capas
5. Guantes impermeables y resistentes al calor
6. Cubrepantalón ignífugo de varias capas
7. Arnés de cintura (integrado o no)
8. Equipo de escape individual de emergencia
9. Botas de media caña de seguridad
10. Equipo respiratorio completo
11. Sistema de comunicación por radio

El uso correcto del Equipo de Protección Individual completo de todos los bomberos que participan en este tipo de intervenciones, será por tanto, el primer paso para reducir los riesgos y trabajar con mayor seguridad.

Igualmente, debemos mantener siempre nuestro EPI en perfecto estado, debiendo realizar para ello unas revisiones o comprobaciones periódicas del mismo y proceder a la sustitución de las prendas o elementos que por motivo de uso o vejez estén deterioradas o no nos aporten la protección adecuada en cada caso.

Además del EPI, el uso de otros elementos como líneas de mangueras, cuerda guía, cámara térmica, etc., nos permitirán realizar las maniobras de rescate, rastreo o extinción con mayor rapidez y eficacia, aportándonos al mismo tiempo una mayor seguridad en nuestro trabajo.

Por último conviene recordar que cualquiera de las labores o tareas que se realicen dentro de un edificio incendiado debe hacerse, como mínimo, en binomios o parejas de dos bomberos. Esto, aparte de suponer una ayuda en el trabajo que estemos realizando, tiene una doble ventaja desde el punto de vista de la seguridad:

- aporta una doble percepción y evaluación del peligro y de los posibles riesgos existentes en cada situación
- proporciona ayuda o auxilio inmediato en caso de cualquier incidencia o accidente de uno de los bomberos

2.7.3 RIESGOS ORIGINADOS POR EL FUEGO Y LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN

Dentro de los riesgos originados por el fuego y los productos de la combustión podemos señalar como los más comunes los siguientes:



Equipo de Protección Individual completo (EPI) para fuegos en edificios.

- Riesgos debidos a la inhalación de humos y gases tóxicos
- Riesgos debidos a la falta de visibilidad
- Riesgos debidos al calor, llamas y altas temperaturas
- Riesgos debidos al desarrollo y evolución del incendio

• Riesgos debidos a la inhalación de humos y gases tóxicos

En grado de importancia, conviene destacar que el peligro más grave y más común para las personas involu-

cradas en un incendio proviene del humo y de los gases tóxicos. Se estima que alrededor del 75% de las muertes originadas por incendios en los edificios son debidas a productos no térmicos de la combustión.

En el caso de los bomberos, el uso de equipos respiratorios en todos los incendios evita en principio este riesgo. Sin embargo, es necesario tener en cuenta, que nuestra permanencia de manera segura en un incendio siempre estará condicionada por el correcto funcionamiento de nuestro equipo respiratorio y limitada por la cantidad de aire que nos quede en la botella.

Por este motivo, deberemos ser especialmente rigurosos tanto en la limpieza, revisión, mantenimiento y comprobación de funcionamiento de los equipos respiratorios en el parque. De la misma forma, durante la intervención se debe realizar un control periódico de aire y respetar siempre las normas de reserva mínima de aire para la salida.

El equipo de protección respiratoria no solo debe ser usado por todo el personal que accede a un edificio donde hay un incendio. En muchas ocasiones los bomberos que realizan labores de extinción desde la autoescala pueden tener la necesidad de usarlo, bien sea porque pueden verse afectados la nube de humo, gases tóxicos y vapores calientes o por tener que modificar su cometido inicial y realizar algún apoyo o tarea por el interior del edificio. Por este motivo, deben contar siempre con todo su equipo de protección individual (EPI) completo definido en el punto anterior.



Tras la extinción del incendio, suele ser práctica habitual en muchas ocasiones realizar las tareas de desescombro desprovistos del ERA. Esto suele ser debido al mayor esfuerzo e incomodidad que supone el realizar estas tareas con el equipo respiratorio y a la creencia generalizada de ausencia de productos nocivos una vez se ha apagado el fuego y ventilado el lugar.

Sin embargo, a pesar de que el fuego está sofocado, los productos sólidos quemados en el incendio suelen seguir combustionando internamente y emanando gases tóxicos y nocivos, además de pequeñas partículas carbonizadas durante horas. Esta emanación de gases y partículas quemadas se verá además incrementada al remover el material. Por tanto, debemos protegernos de los productos de la combustión y poner los medios para trabajar con seguridad en todas las fases de la actuación.



Las labores de desescombro deben hacerse provistos del ERA .

- **Riesgos debidos a la falta de visibilidad**

La falta de visibilidad producida por el humo de la combustión constituye otro factor de riesgo habitual en los incendios de edificios, al provocar situaciones de pánico entre las personas afectadas, antes incluso de que lleguen a sentir los efectos de la temperatura.

En lo que respecta a los bomberos, la falta de visibilidad unida al desconocimiento del lugar donde se desarrolla la intervención, puede dar lugar a diversas situaciones que pongan en riesgo su seguridad.



Por un lado aumenta el riesgo de caída, al tener que avanzar en condiciones de nula o escasa visibilidad por lugares y zonas desconocidas para el bombero. Son especialmente peligrosos elementos como fosos, escaleras, rampas, barandillas, muretes, etc., que pueden provocar caídas a niveles inferiores y causar lesiones de diversa consideración.

En estos casos conviene avanzar agachados, ya que la visibilidad será mayor cuanto más cerca del suelo nos encontremos. No obstante, en condiciones de nula visibilidad, como medida de seguridad se debe intentar realizar el avance comprobando la existencia de suelo firme delante de nosotros. Existen varias técnicas de avance; una de las cuales consiste en ir tanteando y reconociendo el suelo con uno de los pies, antes de poner el peso del cuerpo sobre este.

Por otro lado, la falta de visibilidad y el desconocimiento del edificio o la construcción pueden producir la desorientación o pérdida de los bomberos en el lugar. Este tipo de situaciones pueden llegar a ser especialmente graves debido a que, como se ha comentado anteriormente, nuestra permanencia de manera segura en un espacio cerrado cargado de humos y gases tóxicos está limitada por la cantidad de aire que nos queda en la botella.

Por este motivo, en espacios amplios de difícil orientación y con escasa o nula visibilidad, como garajes subterráneos, pabellones industriales, grandes locales o sótanos, nunca debe perderse la referencia de la manguera o de la cuerda guía, ya que esta nos conducirá de nuevo hasta la salida, siguiendo el recorrido de entrada que hayamos realizado.



En el caso de que nos hayamos perdido o estemos desorientados, debemos permanecer tranquilos y no perder la calma, ya que ello aumentaría nuestro consumo de aire y se reduciría la duración del aire restante en la botella.

En estos casos debemos intentar volver a encontrar cuanto antes la referencia de la manguera o de algún compañero. Si no lo conseguimos, nos colocaremos junto a una pared e informaremos de nuestra situación al mando, indicando nuestra última posición conocida y la cantidad de aire que nos resta.

• Riesgos debidos al calor, llamas y altas temperaturas

El riesgo a sufrir quemaduras por el calor, las llamas, o cualquier material caliente puede evitarse o reducirse mediante el uso del equipo de protección individual. Toda la ropa de protección de los bomberos está formada por varias capas de tejido que además de ser traspirables e impermeables, deben cumplir y garantizar la protección contra el calor y contra el desgarro.

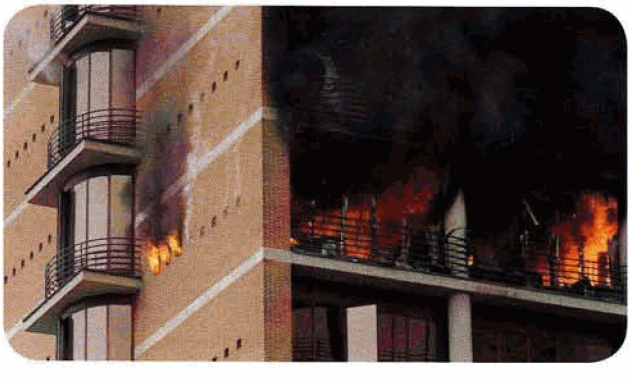
El conjunto compuesto por la chaqueta y el cubrepantalón debe solaparse correctamente sin dejar zonas descubiertas por ambas prendas. En incendios de interiores con mucha temperatura y carga térmica se debe poner especial atención en que no queden zonas de nuestro cuerpo sin proteger, como orejas, cuello, pelo, muñecas, etc., ya que podríamos sufrir quemaduras en ellas. Por tanto, el uso correcto de nuestro equipo nos protege, al menos durante un tiempo limitado, de los efectos de las altas temperaturas, calor y vapor.

No obstante, la protección de nuestro equipo es tan elevada, que el efecto del calor junto al esfuerzo realizado durante la intervención y la deshidratación, pueden producir una excesiva elevación de nuestra temperatura corporal, y provocarnos un estrés térmico. Este tipo de situaciones habrá que preverlas y evitarlas adecuadamente, mediante la correcta hidratación y el descanso o relevo del personal sometido a estas condiciones.

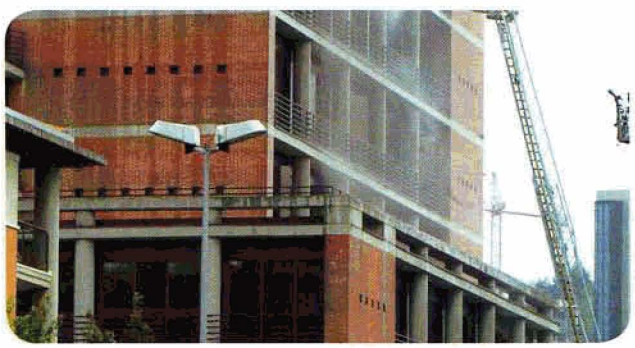
Durante las labores de extinción debe tenerse siempre en cuenta la presencia de otros bomberos en el edificio, así como conocer y prever cómo se verán estos afectados por nuestras acciones o nuestro ataque al fuego.

Por ejemplo, si en un incendio de una vivienda hay un equipo de extinción atacando el fuego desde el interior de la misma y comenzamos un ataque por el exterior a través de la autoescalera con el monitor, las condiciones interiores variarán sustancialmente al modificar el tiro natural del incendio. Esto puede afectar negativamente a los bomberos que se encuentran en el interior, que además de notar un aumento de la temperatura por el efecto del tiro, pasan de tener una situación "estable y controlada" a unas condiciones totalmente diferentes.

Por tanto, siempre que se vaya a realizar alguna acción que pueda modificar las condiciones del incendio (nuevas líneas de ataque al fuego, ventilación, apertura de puertas o huecos,..) deben ser informados todos los posibles afectados por dicha acción.







Distintas fases de la evolución y extinción de un incendio.

Un ataque al fuego por el interior o por el exterior del edificio, o un cambio en las condiciones de ventilación, puede suponer una modificación considerable en la evolución del fuego y en las condiciones ambientales interiores.

Para actuar con seguridad, es fundamental que haya una buena comunicación y coordinación entre los distintos equipos que intervienen en la extinción.

• Riesgos debidos al desarrollo y evolución del incendio

Cuando se inicia un incendio en un recinto cerrado, la emisión de calor por conducción, convección y radiación calienta los materiales combustibles que se encuentran en sus cercanías. Al aumentar su temperatura, estos materiales emitirán vapores inflamables que ascienden al techo. El incendio comenzará entonces a generalizarse hasta alcanzar su pleno desarrollo.

Dependiendo de las condiciones en las que se desarrolla el incendio pueden producirse varias situaciones especiales como: Flashover y Backdraft.

Su definición, proceso de desarrollo y las señales para poder reconocerlos y evitarlos están incluidas y se pueden consultar en el Tema 2: "Incendios en interiores", del Volumen 2 de este Manual del Bombero.

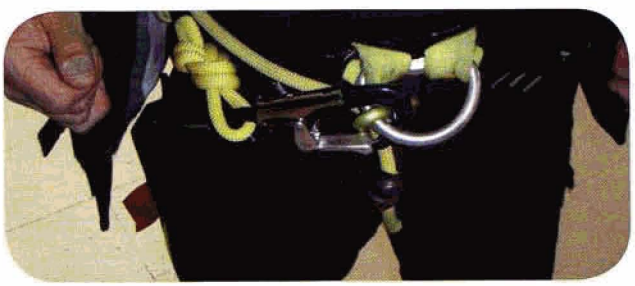
En toda intervención de fuego de interior, la prioridad, antes incluso que la extinción de los focos de ignición, debe ser evitar la posible aparición de un Flashover o de un Backdraft, debido a los riesgos que suponen estas situaciones para la seguridad de los bomberos.

La forma de evitarlos será bajar la temperatura de los gases mediante la técnica adecuada de aplicación de agua y reducir la inflamabilidad de la mezcla por dilución de los gases de incendio con el vapor de agua generado. Estas aplicaciones se utilizan tanto para "asegurar" la vía de penetración al incendio y lograr la extinción del mismo, como para reducir la probabilidad de Flashover o Backdraft durante la evolución del incendio.

Por otro lado, el propio desarrollo y evolución del incendio por las diferentes estancias de un edificio también puede dar lugar a situaciones complicadas de atrapamiento por el fuego en lugares sin salida al mismo nivel. Esta situación en ocasiones podría resolverse realizando un "escape de emergencia" al piso o nivel inferior.

Por este motivo, es necesario que en incendios urbanos, todos los bomberos que participan en las labores de extinción o rescate, lleven siempre incluido en su EPI, un equipo personal de autoaseguramiento, así como un sistema de escape individual, que les permita realizar un rapel de emergencia en caso de necesidad.

El equipo básico personal de autoaseguramiento debe estar compuesto por un arnés de cintura (integrado o no en las prendas de intervención) y un cabo de anclaje, preferiblemente regulable, para poder autoasegurarse.



El equipo de escape individual de emergencia debe estar formado por un mínimo de 15 metros de cuerda y un aparato descendedor autofrenante, que asegura la operación de descenso, impidiendo una caída incontrolada en caso de descuido o inconsciencia del bombero.

Se recomienda que el equipo de escape de emergencia se coloque en una bolsa ignífuga en el amarre de cintura de todos los equipos respiratorios. Así, durante cualquier intervención, todos los bomberos provistos de ERA llevarán siempre consigo de manera accesible este



Entrenamiento de escape de emergencia por ventana.

equipo, de forma que pueda ser usado fácil y rápidamente en caso de necesidad.



La maniobra de descenso debe haber sido practicada y entrenada por todos los bomberos previamente en el parque. Estos deberán aprender a fijar la cuerda de forma segura utilizando elementos de fortuna como mobiliario, radiadores, puertas, columnas, etc. así como realizar diferentes prácticas de salida por ventanas, balcones o huecos de fachada.

2.7.4 RIESGOS ORIGINADOS POR EL EDIFICIO DEBIDO AL EFECTO DEL FUEGO

Como se ha indicado anteriormente, cada edificio o construcción se ve afectado en mayor o menor medida por un incendio en función de diversos factores y variables relacionados con las características del mismo. Esto implica que pueden presentarse daños en la estructura con derrumbamientos parciales o incluso totales en momentos y de maneras muy diferentes.

Estadísticamente esto no es causa de muchas muertes o lesiones a ocupantes, pero siempre supondrá un peligro importante para los bomberos que trabajan en las labores de extinción.

Dentro de los riesgos originados por el edificio debido al efecto del fuego sobre él, podemos destacar los siguientes:

- **Derrumbamiento o desplome de todo el edificio.**
- **Caída de instalaciones, falsos techos, aleros, balcones, material de fachada.**
- **Hundimiento del forjado, vigas, correas o de parte de la estructura.**
- **Desplome de paredes y muros.**

• Riesgos debidos al derrumbamiento o desplome de todo el edificio.

Hemos visto en el apartado 2.6 que cada tipo de estructura se comporta de forma distinta en caso de incendio. Sin embargo, el comportamiento de la construcción y su posible hundimiento por el efecto del fuego sobre él, no estará condicionado únicamente por el tipo de estructura que disponga, sino por la interacción de una serie de variables de bastante complejidad y difícil estudio, tales como:

- Tamaño del edificio
- Geometría
- Tipo de estructura
- Resistencia al fuego de los elementos
- Materiales empleados
- Carga térmica del incendio
- Solicitación/esfuerzos soportados por los elementos estructurales
- Lugar de inicio del fuego y elementos afectados por el
- Daños ocasionados por el fuego o el agua utilizada en la extinción
- Estado de conservación del edificio
- Lesiones anteriores
- Etc.

Por tanto, poder predecir y determinar con exactitud el hundimiento o desplome de todo o parte de un edificio afectado por el fuego, el momento y la manera en que este se producirá, es una labor que no solo se escapa al alcance y conocimiento de los propios bomberos, sino también de técnicos de mayor capacitación.

No obstante, deben conocerse y tenerse en cuenta una serie de señales o síntomas que nos pueden hacer prever la existencia de lesiones en la estructura y sospechar un eventual desplome del mismo o de sus elementos por efecto del fuego. Algunas de estas son:

Señales y síntomas en estructuras de acero

· Elementos estructurales de acero sometidos a altas temperaturas durante un tiempo considerable. A una temperatura de 600°C, el acero mantiene alrededor de 1/3 de su resistencia inicial. Dependiendo de las condiciones que se den, desde el inicio del incendio pueden ser suficientes 30 minutos o incluso menos, para que se alcance esta temperatura. La protección que tenga el elemento contra el fuego, jugará un factor determinante para lograr prolongar el tiempo en que se vea afectado por el fuego y mantenga su capacidad portante.



Correas de acero deformadas por las altas temperaturas del incendio.

· Empujes debidos a la dilatación de los elementos horizontales sobre la cabeza de los pilares, que podría producir un arqueo, precipitando el fenómeno de pandeo y provocando el colapso del elemento

· Empujes debidos a la dilatación de los elementos horizontales sobre la cabeza de muros, pudiendo provocar su vuelco por desplome

· Pérdida de apoyo de cerchas debido a diferentes dilataciones y elongaciones de los elementos, y consecuente caída de esta

La deformación de los elementos de acero suele ser por tanto un indicador de una eventual caída o hundimiento de la estructura, sobre todo en grandes naves compuestas de cubiertas con cerchas o grandes luces con estructuras metálicas vistas.



Pabellón industrial con estructura de acero colapsada.

Señales y síntomas en estructuras de hormigón

· Grietas, rotura, desconchamiento o resquebrajamiento de las capas externas del hormigón por el efecto del fuego

· Exposición de las armaduras de acero al fuego o a altas temperaturas, con pérdida de su capacidad resistente en menor tiempo, debido a su menor sección

· Deformación o alteración de la armadura metálica de un elemento de hormigón pretensado por efecto del fuego. Una vez se haya liberado de las tensiones internas con las que fue colocado en obra, no recuperará su pretensión inicial después de que se haya enfriado, por lo que habrá perdido la capacidad resistente con la que fue diseñado y calculado.



Resquebrajamiento de las capas externas del hormigón de una viga, debido al efecto del fuego.

En la imagen superior puede verse la parte inferior de una viga de hormigón armado en la cual se han perdido prácticamente la totalidad de los recubrimientos de las armaduras, quedando esta visible y expuesta al fuego. En el caso de esta viga, las viguetas no apoyaban directamente sobre ella. Es probable que si el forjado hubiese apoyado sobre la viga, esta habría colapsado. El hormigón visible también ha sido afectado en gran medida, apreciándose la disgregación en las capas.

Se debe tener en cuenta también, que en muchas ocasiones todos estos síntomas como grietas, roturas,

deformaciones, desconchamientos, etc. que aparecen en los elementos antes de producirse su colapso, no pueden detectarse durante el siniestro al encontrarse ocultas por el humo.

Señales y síntomas en estructuras de madera

· Pérdida de la sección resistente del elemento de madera afectado. La capacidad de seguir resistiendo las cargas del elemento afectado dependerá de la sección transversal que no haya resultado dañada.

Es necesario indicar que la nueva carga que es capaz de soportar una viga de madera afectada por un incendio no se ve modificada de forma proporcional a la disminución de su diámetro ni de su área, sino a la reducción del momento de inercia de la nueva sección.

Para entender esto de una forma clara, nada mejor que poner un ejemplo:

Una vigueta de madera de 15cm x 10cm de sección (Fig. 1), podrá resistir un peso máximo determinado colocado encima sin llegar a romperse. Este peso máximo vendrá definido por la resistencia de la madera, la longitud a la que se encuentren los apoyos, la forma de colocar el peso, su posición en la vigueta y el momento de inercia de la vigueta.

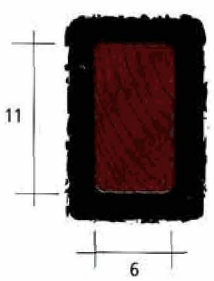
Fig. 1



VIGUETA INICIAL

Si la vigueta se ve afectada por el fuego en todo su contorno con una penetración de 2 cm, su sección útil (resistente) pasará a ser ahora 11cm x 6cm (Fig. 2), debido a que como se indicó anteriormente, la capa carbonizada no tiene capacidad resistente.

Fig. 2

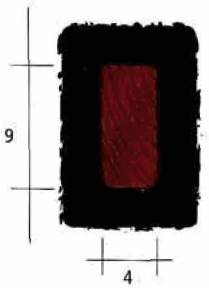


VIGUETA CON
CAPA CARBONIZADA
DE 2 cm

En estas circunstancias, su capacidad para resistir un peso sin romperse, se vería reducida en la relación en que lo ha hecho su nuevo momento de inercia, es decir, 3,1 veces.

Si la penetración de la capa carbonizada fuese de 3 cm, su nueva sección útil será 9cm x 4cm (Fig. 3) y su capacidad resistente se vería reducida 6,9 veces respecto a la que tenía la vigueta en un inicio.

Fig. 3



VIGUETA CON
CAPA CARBONIZADA
DE 3 cm

Por tanto, si la vigueta de la Fig 1 inicialmente podía aguantar un peso de 400 kg, una vez afectada por el fuego en la forma de la Fig 2, podrá aguantar 129 kg y si lo está en la forma de la Fig. 3 tan solo podrá aguantar 58 kg.

Como se ha comentado, esto es debido a que en el caso de un elemento de sección rectangular su momento de inercia es:

$$\frac{b \times h^2}{6}$$

En un incendio, lógicamente no vamos a necesitar recurrir a fórmulas, ni pararnos a medir la capa carbonizada o a hacer estos cálculos.

Sin embargo, sí deberemos tener en cuenta, que una viga de madera que está afectada por el fuego cerca la mitad de su espesor, tendrá varias veces reducida su capacidad resistente, lo cual nos debe hacer sospechar de una eventual rotura o fallo de la misma.



Estructura de madera afectada por el fuego.

La velocidad de penetración del fuego en la madera variará en función de la intensidad del fuego, el tipo de madera, la humedad, el grado y tiempo de exposición al fuego, pero en condiciones desfavorables puede estimarse de manera aproximada que lo hace a una velocidad de 1 cm por cada 15 minutos.

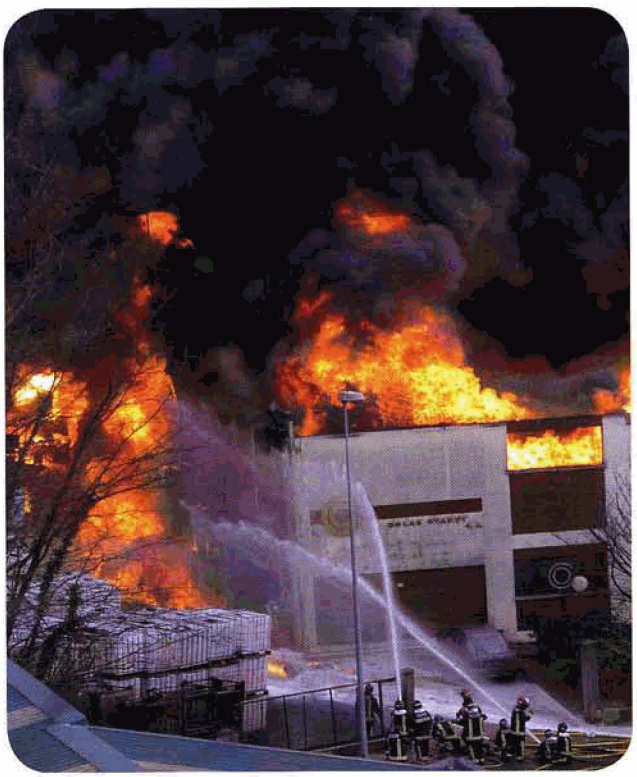
Por otro lado, la velocidad de propagación suele ser superior a la de penetración y puede observarse su dirección y sentido a través de unas líneas o marcas que van separando la zona carbonizada de la no quemada.

• Riesgos debidos a la caída de instalaciones, falsos techos, aleros, balcones, material de fachada,...

La primera acción a realizar nada más llegar al lugar donde se está produciendo un incendio en un edificio, consiste en la ubicación de los vehículos y camiones de bomberos. Esta ubicación no debe tener solo en cuenta la mejor posición de estos de cara a realizar el ataque al fuego o las tareas de rescate, sino que además deben estar a resguardo de una posible caída de material de la fachada, como aleros, balcones, etc.

Utilizando el mismo criterio, todos los bomberos que se encuentren realizando labores de extinción desde fuera del edificio, deben prever la posible caída de estos elementos, manteniendo la suficiente distancia de seguridad y permaneciendo fuera de su trayectoria o alcance.

A medida que avanza el incendio y aumenta la posibilidad de un derrumbe total de todo el edificio, se debe aumentar también la distancia de seguridad tanto del personal de extinción como de los vehículos que allí se encuentran.



La distancia al fuego de los equipos de extinción debe tener en cuenta la carga de fuego, los productos existentes y la dimensión del incendio, así como prever un posible colapso de la estructura.

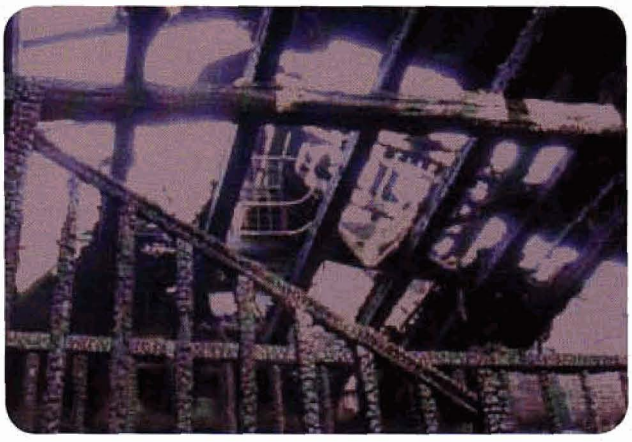
Los bomberos que se hallen en el interior de un edificio afectado por un incendio deben valorar asimismo la posibilidad de caída de los elementos que se encuentran encima de ellos.

En muchos casos, la protección inferior de los forjados se realiza mediante la construcción de falsos techos, los cuales se suelen suspender mediante varilla roscada o perfilería auxiliar.

Las altas temperaturas que se alcanzan en los incendios de interiores, especialmente elevadas en las zonas altas de las estancias, pueden dañar estos elementos de fijación produciéndose un desplome o derrumbe de todo o parte del falso techo.

Este hecho deberá ser tenido en cuenta por los bomberos cuando se encuentren debajo de este tipo de instalaciones.





Derrumbe de un falso techo.

Los elementos estructurales, al tener una mayor sección, en principio pueden verse menos afectados y sufrir menor riesgo de derrumbe parcial que otros que no lo son, aunque esto no debe tomarse como norma general, ya que depende de otros muchos factores.

Situarse, por tanto, debajo del dintel de una puerta o de una gruesa viga para realizar las labores de extinción puede ser, en principio, más seguro que hacerlo desde el medio de la estancia.

• Riesgos debidos al hundimientos del forjado, vigas, correas o de parte de la estructura

De la misma forma que debe valorarse la posible caída de material o de elementos que se encuentran en el techo, debe considerarse también la posibilidad de que se produzca un fallo del forjado o de los elementos que se encuentran debajo de nuestros pies.

A este respecto, siempre serán más seguros para pasar por ellos, los elementos estructurales que los que no lo son. Por ejemplo, el pasar por una viga, vigueta o una correa, siempre será más seguro que hacerlo por el medio de entre dos de ellas.

No obstante, siempre que sospechemos o dudemos de la resistencia de un elemento lo evitaremos, o procuraremos no pasar por él

En estructuras de madera, se ha visto que la relación de la pérdida de espesor de los elementos supone una pérdida bastante mayor de resistencia, lo que deberá ser tenido en cuenta a la hora de pasar o dar por segura una viga o elemento seriamente afectado por el fuego.

Elementos que se encuentran en voladizo como balcones, cornisas, aleros pueden verse también seriamente afectados por el fuego y siempre tienen mayor riesgo de caída o hundimiento.

También se debe estar atento a la posible acumulación de agua de extinción en los forjados de los pisos superiores, ya que esto podría ayudar a un posible colapso del mismo.

En lo que respecta a los tejados, insistir en que el riesgo de caída de los bomberos que realizan tareas de extinción desde el tejado es considerablemente mayor al que existe en otros trabajos técnicos que realizamos en ellos. Las tejas mojadas, el peso y efecto de la manguera, el posible daño que la cubierta pudiera tener por efecto del fuego o su propia evolución, pueden hacer más peligrosa nuestra presencia en el tejado y nos deben hacer tomar las debidas precauciones en estas situaciones.

Entre ellas, la necesidad de que todos los bomberos que se encuentren realizando trabajos de extinción en los tejados lo hagan asegurados.

• Riesgos debidos al desplome de paredes y muros

Hasta ahora, se han visto y analizado los riesgos que debidos al efecto del fuego sobre el edificio nos pueden venir por arriba, por abajo y por el conjunto de la estructura.

Por último, debemos analizar también aquellos riesgos que nos pueden venir por los laterales, que serán debidos fundamentalmente al desplome de paredes y muros.

Una de las primeras cosas que debemos conocer cuando nos encontremos ante un fuego en un edificio, es conocer el tipo de estructura que tiene, ya que este aspecto afectará a la forma en la que el fuego incidirá sobre esta, pudiendo dañarla.

Aunque de apariencia exterior dos construcciones, una realizada a base de muros de carga y otra a base de pilares y forjados, puedan resultar iguales o similares, su comportamiento ante el fuego será bastante distinto.

Esto tendrá efecto en la forma en que se pueda producir un derrumbe o colapso de la estructura.

Por ejemplo, un desplome de una pared medianera o separadora de un edificio con estructura de pilares y forjados no tendrá, en principio, ningún efecto sobre la estabilidad de este. Sin embargo, si el desplome fuese de una pared de carga, podría ocasionar el hundimiento parcial o total de toda la estructura que se encuentra por encima de ella



El desplome de una pared medianera de ladrillos en un edificio de muros de carga no tiene efectos sobre la estabilidad del mismo.

Como se ha visto en el apartado 2.6., los muros de carga tienen un comportamiento aceptable en caso de incendio ofreciendo una considerable resistencia al fuego. No obstante, en caso de caída o desplome de todo o parte del muro, esta puede producirse hacia el interior del edificio debido al hundimiento de los forjados o hacia el exterior como consecuencia de la diferente dilatación en cada una de sus dos caras.

Esto deberá ser tenido en cuenta a la hora de colocar los vehículos de extinción o cuando nos posicionemos nosotros en la cara fría (cara no afectada por el fuego) para enfriar o realizar cualquier otra labor.

2.7.5 CONCLUSIONES FINALES

La experiencia nos ha demostrado que en las intervenciones de fuego en edificios, el índice de accidentes con lesiones de bomberos suele ser mayor que en otro tipo de intervenciones.

Este mayor índice de accidentes puede ser debido en gran medida, a las especiales circunstancias en las que éstas se desarrollan y que han sido descritas al inicio de este apartado. Como se ha comentado, la realización de un minucioso análisis y evaluación de los riesgos que en cada situación podría amenazar la seguridad de los bomberos, impediría cualquier acción eficaz de éstos durante la intervención.

Por ello, muchas veces los bomberos se guían por su instinto, preparación y experiencia para solventar con éxito situaciones complicadas que requieren decisiones y acciones inmediatas.

Nuestro instinto nos debe hacer actuar con la debida precaución, anticipación, análisis, evaluación y previsión tanto de la situación, como de las acciones que vamos a acometer. Sin embargo, será nuestra formación, preparación y entrenamiento lo que nos aportará los recursos necesarios para afrontar de manera adecuada y con éxito dicha situación.

No obstante, cuando ocurre un accidente, generalmente suele suceder porque se han dado, al mismo tiempo o de manera sucesiva, una serie de factores "casuales" o circunstancias "desfavorables" que han provocado o desencadenado la materialización de dicho accidente.

Por este motivo, en muchas ocasiones suele ser frecuente y habitual achacar y culpar a la "mala suerte" o

al "destino" la ocurrencia de un accidente.

Sin embargo, si analizamos de una manera racional y objetiva todos los factores desencadenantes que han jugado un papel relevante para la materialización de cualquier accidente, veremos que un gran número de estos factores están condicionados o incluso controlados por el factor humano.

Instinto, preparación y experiencia son factores que siempre dependen de las personas, pero que también se pueden trabajar y mejorar en la mayoría de los casos.

Para evitar que en este tipo de intervenciones se siga produciendo un mayor índice de accidentes, debemos trabajar en la prevención de los mismos. A efectos de la Ley 31/1995, de PRL, se entiende como Prevención, "el conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividad con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo."

En nuestro trabajo como bomberos, debemos entender la Prevención, como la realización de todo tipo de actividades que nos ayuden a afrontar de forma más adecuada y preparada las intervenciones. Dentro de esas actividades estarán incluidos tanto los cursos de formación teórica y/o práctica, como las maniobras y prácticas que de forma reglada, periódica y habitual se realizan a lo largo de la jornada de trabajo.

Por este motivo se puede afirmar que siempre se reducirá la probabilidad y el riesgo de sufrir un accidente en una actuación de incendios en edificios, si establecemos previamente unas pautas de actuación, formación y preparación previa del personal en el parque que incluya:

- **Mantenimiento de una forma y preparación física adecuada por parte del personal de intervención.**

- **Definición e implantación de unas tácticas operativas y protocolos de intervención apropiados.**

- **Establecimiento de hábitos de revisión y mantenimiento, tanto del EPI, como del resto de los materiales usado en intervención.**

- **Utilización del EPI completo en todas las intervenciones de fuego en edificios.**

- **Aumento y mejora de los conocimientos y de la capacitación, mediante la realización de cursos de formación continua y de reciclaje.**

- **Realización periódica y habitual de prácticas de intervención y entrenamiento.**

Se comentaba al inicio de este apartado, que el objetivo del mismo era que el bombero fuese capaz de reconocer e identificar algunas de las situaciones habituales de riesgo que suceden en incendios de edificios, para que una vez analizadas y evaluadas, poder evitarlas o minimizarlas tomando las correspondientes y oportunas medidas de seguridad.

Como profesionales que debido a las particularidades de nuestro trabajo, debemos afrontar, manejar y resolver con éxito situaciones de riesgo, no debemos dejar nuestra seguridad en manos del destino o de la suerte.

Tratemos entonces de controlar y asegurar en la medida de lo posible, todos aquellos factores que están en nuestra mano y que pueden evitar y prevenir la materialización de un accidente.

B

ESTABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS



1 LESIONES EN LOS EDIFICIOS

1.1 INTRODUCCIÓN

1.2 PROCESOS DEGENERATIVOS

1.3 CRITERIOS GENERALES SOBRE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA EDIFICACIÓN

1.4 SÍNTOMAS Y SIGNOS INDICADORES DE RIESGO DE HUNDIMIENTO

1. LESIONES EN LOS EDIFICIOS



1.1 INTRODUCCIÓN

El rescate en estructuras colapsadas es una situación confusa y compleja. Requiere de una variedad de habilidades técnicas combinadas y un conocimiento avanzado de las estructuras de construcción y sus materiales.

Una operación BREC (Búsqueda y rescate en estructuras colapsadas) se considera una de las más peligrosas actividades que se pueden llevar a cabo en el proceso de rescate. Por lo tanto, se debe ser muy cuidadoso en la conformación, capacitación y entrenamiento de un grupo de rescate.

Nuestro propósito debe ser: buscar, localizar, acceder, estabilizar y rescatar (o recuperar en caso de fallecidos), a las personas que hayan quedado atrapadas en una estructura colapsada.

Tal vez uno de los momentos más importantes y llenos de satisfacción y emociones es cuando habiendo localizado a una persona con vida, logramos ubicarla y se inicia el proceso a través del cual hacemos el primer contacto, y a partir de ese momento el proceso de aproximación y recuperación de esa persona para entregarla estabilizada al personal médico.

Lo comentado constituye un gran éxito por si mismo, sin embargo el proceso de rescate es arduo y tedioso, pues hay que identificar las condiciones inseguras existentes y a través de la utilización de técnicas adecuadas de movilización, remoción y penetración, ejecutando técnicas básicas de apuntalamiento para asegurar las condiciones de acceso y la seguridad y protección de los rescatistas y del paciente conseguir nuestro objetivo que no es otro que el rescate de esa persona.

En conclusión, la búsqueda y rescate en estructuras colapsadas, se basa en que el grupo de rescatistas sea capaz de identificar y explorar todas aquellas formaciones de escombros, tales como: galerías, pasillos que puedan convertirse en espacios vitales aislados y que además puedan ser empleadas para facilitar el acceso hacia los atrapados.

Todas estas acciones y el éxito de la operación BREC, dependen directamente de la formación y experiencias de los rescatistas, y de las capacidades que tengan en la ejecución del trabajo.

1.2 PROCESOS DEGENERATIVOS

Los procesos de deterioro en una edificación pueden surgir por:

1.2.1 VICIOS DE ORIGEN

- Deficiencias contenidas en el proyecto de obras, debidas a inadecuadas soluciones constructivas o al dimensionado insuficiente del sistema estructural o de sus instalaciones.

- Deficiencias generadas durante el proceso de ejecución de obras por modificaciones introducidas al proyecto original o por falta de rigor en la ejecución de determinados elementos fundamentales.
- Inadaptación entre el edificio y el terreno sustentante: cimentación de características constructivas o dimensionales inadecuadas o rotura de las redes de agua que alteran las características originales del terreno.
- Mala vecindad entre materiales: corrosión de la estructura metálica por recubrimiento de yeso.

1.2.2 DAÑOS GENERADOS POR AGENTES EXTERNOS O INTERNOS

Los agentes destructivos actúan de forma accidental produciendo daños irreversibles por el fuego, por explosiones de gas, sismos, corrimientos de tierras o acelerando los procesos de envejecimiento, ataque de insectos a estructuras leñosas, avance de corrosiones en estructuras de hormigón armado, etc. Por otro lado, la falta de conservación de las redes de distribución de agua y evacuación en las viviendas antiguas, ha acelerado en pocas décadas el deterioro de estructuras leñosas mantenidas desde hace siglos.

1.2.3 DEGRADACIÓN NATURAL POR ENVEJECIMIENTO DE LOS MATERIALES

La última fase en la vida efectiva de los edificios se manifiesta mediante la aparición de daños por degradación de los materiales.

Si bien no se puede evitar el proceso de envejecimiento, sí es posible atender la prevención de daños mediante labores periódicas de conservación y mantenimiento: revisión de las instalaciones de agua, observación de posibles deformaciones y agrietamientos en las fábricas, ventilación de espacios y estanqueidad de la construcción frente a las humedades, etc., que incluso puedan propiciar trabajos de reparación de escasa incidencia sin son detectados a tiempo.



1.3 CRITERIOS GENERALES SOBRE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA EDIFICACIÓN

Constituyen el conjunto de intervenciones tendentes a preservar o restituir sus condiciones de estabilidad y utilización con carácter provisional en tanto se determine el fin último de las obras que resuelvan definitivamente el problema planteado.

1.3.1 CONSIDERACIONES SOBRE LA SEGURIDAD EN LOS EDIFICIOS

La seguridad de un edificio se alcanza cuando es realmente capaz de soportar, de forma estable, el conjunto de acciones a que se ve sometido por los usos para los que ha sido construido.

El proyecto, cálculo y ejecución de un edificio con arreglo a la normativa vigente permite suponer la seguridad del mismo con suficiente garantía a pesar de que la generalidad de valores estimados correctos tanto en acciones previsibles, resistencias de rotura de materiales, etc., están evaluadas en base a porcentajes probabilísticos que no suponen la certeza absoluta.

Las edificaciones realizadas bajo normas caducas o sin normativas no implican necesariamente carencia de seguridad.



1.3.2 EL UMBRAL DE SEGURIDAD

En las actuaciones sobre edificaciones antiguas se carece tanto de la referencia a una normativa como de una clasificación normalizada de sus elementos constructivos según sus características técnicas.

Se establecen, pues, tres escalones en la clasificación de las edificaciones según la época en que se construyeron:

- Conforme a un tiempo sin normativas. Las estructuras anteriores al siglo XIX no responden a métodos de cálculo sino a procedimientos empíricos (experiencia).
- Conforme a normativas derogadas.
- Conforme a la normativa vigente. Los valores de cálculo establecidos se basan en consideraciones probabilísticas.

El diferente nivel de seguridad que puede alcanzar cada edificación conforme a su estado físico permite establecer la siguiente clasificación:

Estado de confianza

De la peritación efectuada se deduce que no se aprecian situaciones de riesgo en la edificación.

Estado de precariedad

Se detectan carencias en el sistema constructivo que disminuyen las garantías de segundad por debajo del nivel considerado como adecuado, pero sin poner en peligro su estabilidad y habitabilidad al no descender a índices críticos.

Estado de peligro

De las deficiencias detectadas se deduce que el sistema constructivo no puede soportar las acciones a que puede verse sometida en su utilización normal, tales como sobrecargas de uso o acciones naturales previsibles viento, nieve, etc.

Estado de ruina física

El edificio original pierde su identidad como tal. Se puede llegar a este estado por diversas formas degenerativas que comprenden desde una deformación paulatina de la construcción llevada a sus últimas consecuencias, hasta el derrumbe fortuito.

1.3.3 CLASIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD

En función del grado de estabilidad que ofrece el edificio podemos clasificar las medidas de seguridad en:

Preventivas

Cuando el edificio ofrece garantías de estabilidad pero puede sufrir alteraciones por actuaciones internas, apeos en obras o reformas parciales, o externas, zonas de seguridad en demoliciones o excavaciones de edificios o solares próximos.

Restitutivas

Necesarias ante la aparición de daños en proceso degenerativo que sitúan al edificio en estado de peligro o ruina, ya sea en la globalidad del edificio o en alguna de sus partes o elementos estructurales. Las medidas necesarias tienden a garantizar las condiciones mínimas de seguridad (refuerzo o apeo de elementos estructurales agotados.)

Atendiendo al tipo de intervención que requieren:

Restrictivas

Cuando implican la supresión o condena de determinados espacios o instalaciones que no reúnen las condiciones de servicio o suponen un peligro ante la existencia de daños, estancias con forjados de piso cedidos, canalizaciones de agua ante la presencia de socavaciones, etc.

Aditivas

Suponen la instalación de elementos complementarios o supletorios de los deficitarios sistemas de apeo y refuerzo.





1.3.4 ACTUACIONES DE EMERGENCIA

Son aquellas en las que el objetivo prioritario es resolver, en el menor tiempo posible, una situación de peligro surgida de improviso. La situación requiere adoptar las medidas perentorias que eliminen o palien el peligro existente de la forma más rápida. Ante ello se presenta como objetivo secundario el mantenimiento de la habitabilidad del edificio.

En las actuaciones de emergencia han de tenerse en cuenta, en primer lugar, los riesgos de ocupación durante el tiempo previsto para la adopción de las medidas de seguridad proyectadas, por lo que se decidirá sobre la necesidad o no de desalojar el edificio en la zona en peligro o en su totalidad, requiriendo incluso, si fuera preciso, el auxilio de las autoridades administrativas y judiciales.



1.3.5 PROCESO DE ADOPCIÓN DE MEDIDAS DE SEGURIDAD

Reconocimiento del edificio

Se recopilarán los datos acerca de las características del edificio y los condicionantes de su entorno: edificaciones próximas, instalaciones especiales, vías públicas, elementos naturales, etc. El reconocimiento, inicialmente visual, debe ir acompañado en la medida de lo posible, por razones de urgencia, de un chequeo para conocer el tipo de materiales y sistemas constructivos empleados en cada caso.

Subsuelo

La capacidad resistente de la cimentación del edificio o de las dependencias en planta baja o en sótanos puede quedar afectada por alteraciones acaecidas en el subsuelo propio o en el de edificaciones o instalaciones vecinas. Es prioritario conocer su estado de cara a plantear cualquier base de apoyo en el sistema de apeos y establecer también las garantías de habitabilidad de los espacios en uso.

Una de las causas más frecuentes de alteraciones del subsuelo es el mal estado de la red horizontal de saneamiento, que discurre por él y que puede llegar a ocasionar graves daños en el edificio.

1.3.6 SISTEMA ESTRUCTURAL Y CONSTRUCTIVO

Es preciso reconocer y entender el sistema estructural con objeto de poder decidir las posibles alteraciones que supone ejecutar un sistema de apeos o refuerzos.

Forjados

En un edificio de plantas, el apeo de un forjado superior o de la cubierta ha de transmitir las cargas recibidas hasta un plano de apoyo fiable por su estabilidad y capacidad resistente. Este plano puede estar conformado por un forjado inferior, por la solera de arranque o por el terreno natural. Cuando el forjado inferior no nos ofrezca las suficientes garantías para soportar tal incremento de cargas, el apeo ha de continuarse hasta cotas inferiores previendo entonces la forma de apoyo en dicho forjado o la conveniencia de traspasarlo con los elementos de apeo. Por tanto, previamente a esta actuación, es preciso reconocer no sólo el estado del forjado a apear sino el de los inferiores, al menos aquéllos en los que se prevea descargar un elemento constructivo superior. Igualmente, cuando se pretenda descargar sobre la solera o, incluso sobre el terreno natural, se debe investigar la posible existencia de sótanos o galerías ocultas, redes de abastecimiento que pudieran quedar afectadas o la formación de socavaciones imprevistas.



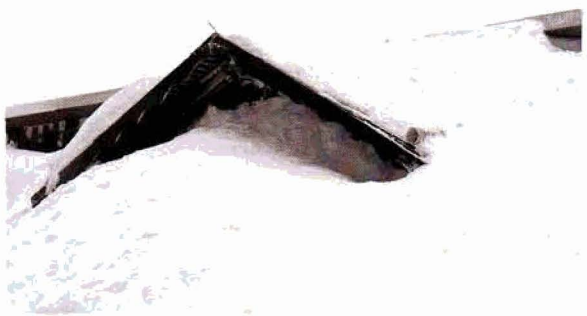
1.4 SÍNTOMAS Y SIGNOS INDICADORES DE RIESGO DE HUNDIMIENTO

Hay varias causas posibles para que un edificio se derrumbe.

Una nevada fuerte puede hacer que un edificio grande y antiguo, con mucha superficie plana de tejado o de terraza se venga abajo. Un edificio que haya sido dañado en su estructura por huracanes, inundaciones o explosiones está debilitado y es propenso a su desplome.

Los edificios seriamente afectados por incendio son extremadamente susceptibles de derrumbe porque su integridad estructural casi siempre resulta lesionada.

La señal más obvia de que un edificio está a punto de derrumbarse es el sonido que produce el yeso o madera que cae. También es indicativo cualquier crujido. La caída de tejas y la aparición súbita de grietas en paredes y techos son síntoma de una debilidad estructural de la que debería ser avisado inmediatamente el administrador del edificio, aparejador municipal o los bomberos.



1.4.1 CONCEPTO DE RUINA

Proximidad más o menos próxima de derrumbamiento parcial o total de un edificio.

Acción de caer o destruirse una cosa.

1.4.2 CLASES DE RUINA

1.4.2.1 Ruina incipiente

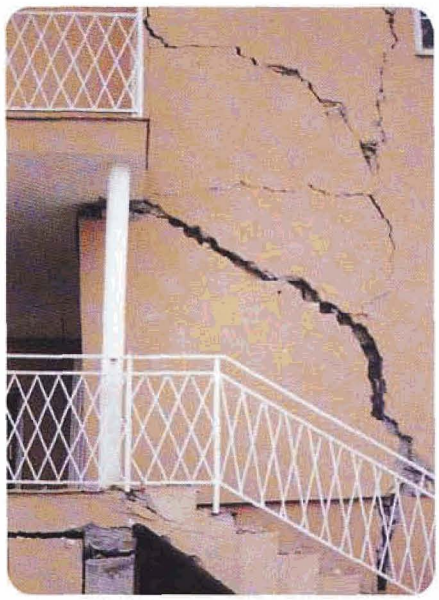
Presenta síntomas en sus elementos constructivos pero las lesiones no afectan, de momento, a su estabilidad, ni por tanto, a la seguridad de los ocupantes, de seguir su evolución, se produciría la caída.

Se puede reparar fácilmente de manera que se consiga su eliminación o su estabilización, y se evite su progresión.



1.4.2.2 Ruina Avanzada

En el edificio se manifiestan movimientos en los elementos constructivos que indican su caída, salvo que se adopten las medidas oportunas de contención (apeos, cimbras y apuntalamientos) que detengan hasta su reparación los citados movimientos.



1.4.2.3 Ruina inminente

La evolución de los movimientos de elementos constructivos es tal, que no se puede detener. Entendemos que la caída se producirá en breve. Nos limitamos a disponer de los elementos de seguridad para impedir su caída durante las tareas de desalojo y posterior reparación o derribo.

Si existe peligro para las personas o bienes, se acordará el desalojo de los ocupantes y adoptarán las medidas referidas a la seguridad de la construcción, desde el apuntalamiento hasta el derribo.



1.4.2.4 Causas de ruinas de edificios

a) Errores de cálculo:

- Mal dimensionamiento.
- Sobrecargas mal consideradas.

b) Elección de cimentación no compatible con el terreno.

c) Deficiencia de los materiales empleados.

d) Materiales atacados por los agentes del medio ambiente.

e) Falta de mantenimiento del edificio.

f) Apertura de huecos de fachada.

g) Reformas mal ejecutadas.

h) Construcción de edificios medianeros sin adoptar medidas de seguridad.

i) Cambio de uso de la edificación.

j) Humedades y filtraciones:

- Abastecimiento de agua.
- Alcantarillado.
- Cambios de niveles de capa freática.
- Filtraciones en cubierta.

k) Incendios.

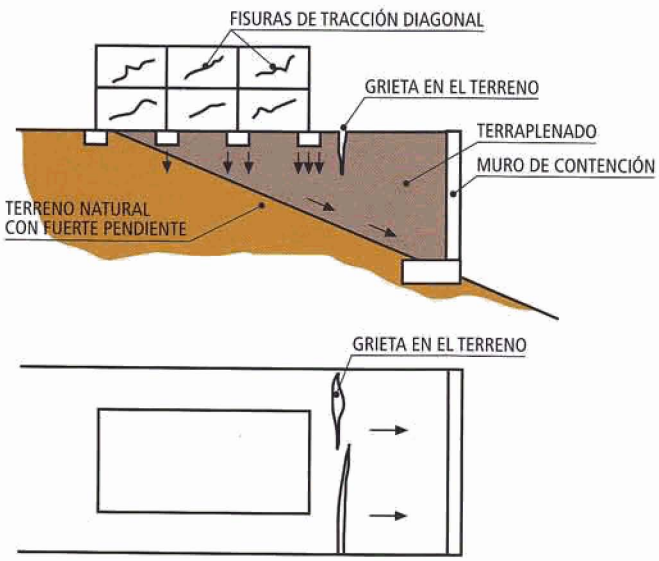
l) Explosiones.

m) Terremotos.

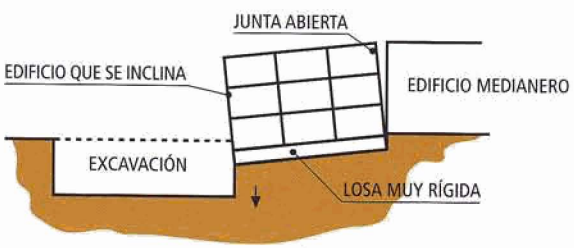
n) Impacto de vehículo, tren o avión.



Falta de mantenimiento del edificio.



Elección de cimentación no compatible con el terreno.



Construcción de edificios medianeros sin adoptar medidas de seguridad.



Materiales atacados por los agentes del medio ambiente.



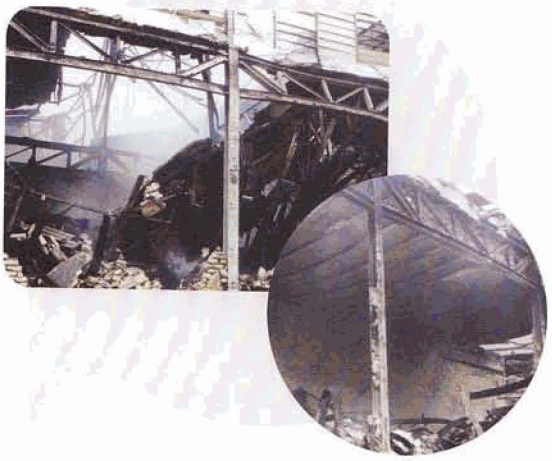
Reformas mal ejecutadas.



Humedades y filtraciones.



Terremotos.



Incendios.



Impacto de vehículos.



Explosiones.



Impacto de avión.

1.4.3 ¿COMO SABER SI UN EDIFICIO VA A HUNDIRSE O NO?

Desgraciadamente, no es posible dar fórmulas milagrosas que permitan determinarlo con total seguridad. Es fácil comprobar que existen muchos edificios antiguos con signos claros de ruina que se mantienen en el mismo estado durante años y años y, sin embargo, otros edificios se hunden de repente sin que nadie haya observado el más mínimo síntoma previo.

Por otra parte, en la mayoría de las ocasiones, los profesionales de los servicios de emergencia no disponen de tiempo para análisis detallados y su acción debe limitarse a adoptar precauciones inmediatas para los ocupantes del edificio o para su propia seguridad. Una vez que tomen esas precauciones básicas acaba su responsabilidad y empieza la de los técnicos especializados que utilizarán otros procedimientos más científicos, pero mucho más lentos.

A pesar de todo ello, los edificios suelen "avisar" antes de hundirse por medio de algunos signos que pueden estudiarse, aunque no siempre se presentan con total claridad, e incluso pueden confundir cuando no se tiene demasiada experiencia.

1.4.4 RUIDOS CARACTERÍSTICOS

Normalmente un derrumbamiento puede ser precedido por unos ruidos característicos, como crujidos (por la ruptura de materiales), siseos (por la caída de polvo),...

No obstante, debe tenerse en cuenta que todos los edificios "suenan" debido a los movimientos que provocan las diferencias de temperatura, los asientos de los elementos estructurales y de la cimentación, pequeños desprendimientos de material dentro de los huecos,.... Esos sonidos, que no implican ningún peligro, se suelen escuchar durante la madrugada, cuando el nivel de ruido ambiente es mínimo.

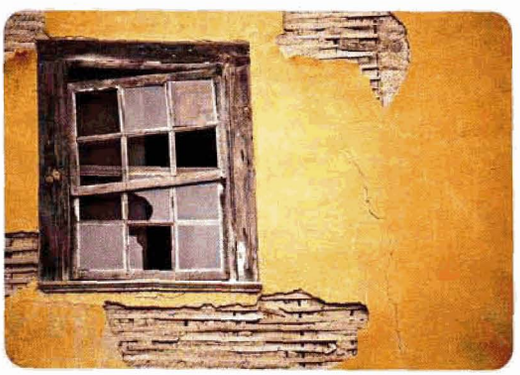
1.4.5 DESPRENDIMIENTOS O PÉRDIDAS DE MATERIAL

Sea cual sea el material con que se construye un elemento estructural, su capacidad de resistencia dependerá directamente de su forma y de que su sección sea superior a la mínima necesaria para soportar los esfuerzos que debe resistir. Por eso, si se producen desprendimientos o pérdidas de material que modifiquen esa forma o que disminuyan su sección por debajo de la necesaria, se producirá su colapso.

El daño puede producirse en lugares ocultos para una inspección visual. En estos casos, podremos detectarlo por la formación de depósitos de polvo o de cascotes que se producen por la disgregación de los materiales.

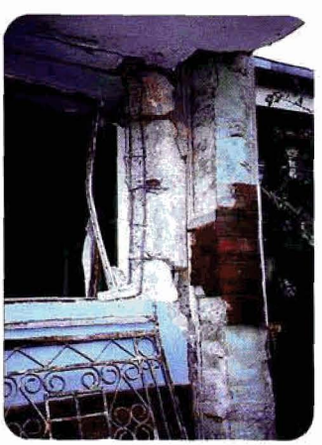
En el caso de estructuras metálicas, el fallo puede producirse por defectos en las soldaduras. A simple vista sólo podremos comprobar algunos de ellos como falta de penetración, mordeduras y picaduras,...

Aunque no afecta al riesgo de hundimiento, los desprendimientos de materiales de revestimiento en altura pueden ser un riesgo mortal. Estos desprendimientos suelen consistir en la separación entre los materiales de acabado superficial y los de soporte al que estaba aplicado. Normalmente aparecen como consecuencia de lesiones previas (humedades, deformaciones, grietas,...)



1.4.6 DEFORMACIONES EN LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Los síntomas más evidentes del riesgo de hundimiento, además de las grietas, suelen presentarse en forma de deformaciones de los elementos estructurales cuya evolución puede ser más o menos rápida.



1.4.6.1 Flechas excesivas

Los elementos horizontales de las estructuras están calculados para soportar una curvatura hacia abajo (flecha) que no debe superar un cierto límite. Si se sobrepasa esa flecha, normalmente por tener una sobrecarga excesiva, el elemento se colapsa.

Además, una flecha excesiva en vigas o forjados puede provocar un esfuerzo de flexión en los elementos verticales donde apoya.

Como norma, general, si la flecha de un forjado supera 1/100 de la luz (anchura libre entre apoyos), hay peligro de ruina inminente. Ejem. 10m. de luz. 10:100=0,1m. (10cm.).No siempre es fácil detectarlo a simple vista, conviene comprobarlo por medio de regla y nivel, haciendo rodar una bola o formando charcos de agua sobre el forjado (este último puede ser un procedimiento rápido durante la extinción de un incendio).



1.4.6.2 Fallos en los apoyos de vigas y forjados



Si las vigas, viguetas o cubiertas se descentran o se desplazan por alguna causa de sus apoyos en los muros o en los pilares, se crea un empuje horizontal sobre ellos que puede provocar su caída. Esta circunstancia es mucho más peligrosa cuando se trata de elementos metálicos o de madera que apoyan en pilares.

La deformación, pérdida o desprendimiento de material en los apoyos de los forjados, de las vigas o de las cubiertas, puede provocar la caída de los mismos.

1.4.6.3 Desplomes

Los muros y los pilares están calculados, generalmente, para resistir las cargas verticales que transmiten los forjados, las vigas o las cubiertas. Si pierden su verticalidad, esas cargas añaden un componente en forma de empuje horizontal en su parte superior.

En el caso de los muros, es importante distinguir si se trata de muros de cerramiento (la caída del muro sólo afectará al propio muro) o de muros de carga (además de la caída del muro caerán todos los elementos que sustenta).

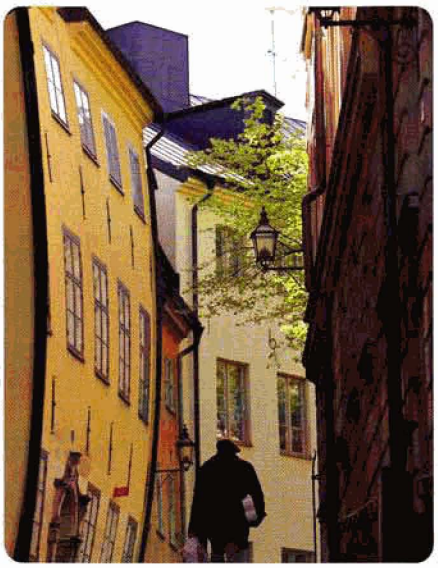


1.4.6.4 Pandeos y abombamientos

Pandeo: Se trata de una flexión o curvatura en los pilares que suele indicar que están sometidos a una carga superior a su capacidad de resistencia.



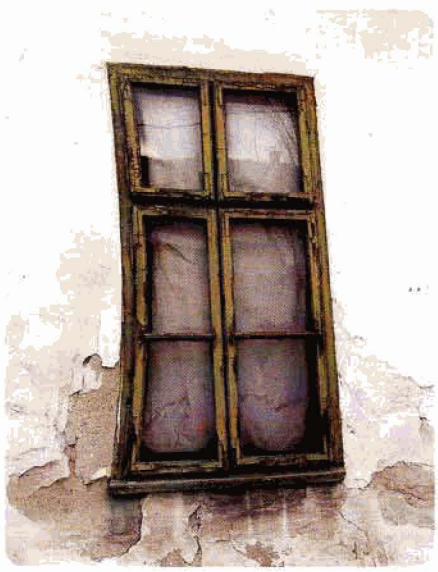
Abombamiento: Flexión o convexidad en los muros que puede deberse a que están sometidos a una carga superior a su capacidad de resistencia, a un espesor insuficiente, a una excentricidad de la carga o a un fallo de adherencia entre el mortero y las piezas de la fábrica.



En caso de desplome, pandeo o abombamiento, se considera que hay peligro de ruina inminente si las dimensiones de la deformación superan la mitad del espesor del elemento. Si no se ve claro a simple vista, deben comprobarse con regla y nivel o utilizando plomadas.

1.4.6.5 Descuadre de huecos

A veces, el descuadre de huecos (puertas y ventanas) es la primera señal que indica una deformación de la estructura.



1.4.7 GRIETAS Y FISURAS

Las grietas son aberturas longitudinales que, por regla general, afectan a un elemento constructivo en todo su espesor.

Las fisuras, también llamadas grietas en lenguaje no técnico y a veces no diferenciables a simple vista, son también aberturas longitudinales que afectan a un elemento constructivo, pero se diferencian de aquellas en que sólo afectan a su superficie o a su acabado superficial sin atravesar todo el elemento. Aunque, en ocasiones, las fisuras son un paso previo para la formación de grietas, en general son lesiones cuyo origen y evolución son totalmente distintos a los de aquellas (excepto en los elementos de hormigón armado en los que las fisuras tiene origen y evolución similares a los de las grietas).

Todos los edificios tienen más o menos grietas que pueden deberse a multitud de causas y que no siempre indican peligro. Es importante, cuando se analizan unas grietas, no dejarse llevar por el nerviosismo para evitar provocar pánicos injustificados y gastos innecesarios. Pero, a la vez, una excesiva confianza o una falta de decisión pueden poner en peligro a mucha gente.

Suele ser frecuente la aparición de grietas, de forma más o menos alarmante, por la carencia de las juntas de dilatación necesarias o por su disposición errónea.

Igualmente, pueden aparecer grietas en elementos formados por distintos materiales que tengan diferente coeficiente de dilatación. En estos casos no hay ningún peligro para la estabilidad del edificio ya que se trata de movimientos normales debidos a las diferencias de temperatura.

Para analizar las grietas, en primer lugar, debe comprobarse si están activas. Puede haber grietas muertas que son restos de episodios anteriores en un edificio que se estabilizó después. Normalmente, las grietas muertas se distinguen porque presentan su interior y sus bordes oscurecidos (no con el color del material recién abierto).

En segundo lugar deben buscarse otros signos que, además de las grietas, den alguna pista sobre qué está pasando realmente. En principio, las grietas que pueden ser peligrosas para la estabilidad del edificio son las que aparecen en elementos estructurales. No obstante, no siempre están a la vista por lo que, en muchas ocasiones, la aparición de grietas en los muros de cerramiento o en los tabiques de separación, aunque no son elementos estructurales, pueden indicarnos la existencia de movimientos en la estructura.

Finalmente, hay que buscar las causas. Si las grietas se producen por efecto de un exceso de carga o por asientos de la construcción pueden ser un indicativo de riesgo grave de hundimiento.



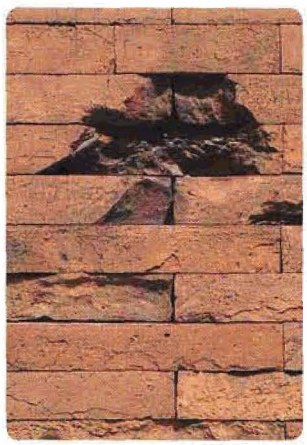
1.4.7.1 Aligerar cargas

Si se observan deformaciones o grietas que puedan ser debidas a un exceso de carga, la primera precaución lógica consiste en rebajar esas cargas para evitar la progresión de los daños. Esta operación es posible realizarla cuando la sobrecarga se debe a situaciones como las producidas por almacenamientos excesivos sobre forjados o por la acumulación de agua o nieve en terrazas y cubiertas.

En este sentido, debemos recordar que, en un incendio, no debe permitirse que el agua de la extinción se acumule en los forjados. Ese peso, añadido al que ya soporta la estructura puede ser una sobrecarga que puede no ser resistida por la estructura (Cada litro de agua pesa un kilogramo, luego una acumulación de 20 centímetros de altura en un sólo metro cuadrado equivale a una sobrecarga de 200 Kgs./ m2).

1.4.7.2 Sanear elementos desprendidos

Se deben retirar los elementos desprendidos que puedan suponer un riesgo de caídas en altura pero sólo si no se trata de elementos resistentes que soporten alguna carga. Esta operación debe realizarse guardando la máxima precaución para evitar que las vibraciones de los golpes puedan provocar un hundimiento accidental en algún otro punto.



1.4.7.3 Controlar las grietas

En el reconocimiento de las grietas, es fundamental controlar su evolución en el tiempo. La forma más simple de hacerlo es colocando testigos, junto a los que se graba la fecha y hora en que se colocan y vigilándolos periódicamente. Hay varios procedimientos:

Testigos de yeso: Se forma un rectángulo perpendicular a la dirección de la grieta aplicando una capa de yeso de un centímetro de espesor, aproximadamente.

La superficie de ese rectángulo se deja enlucida para que marque perfectamente cualquier rotura.



Clavos: Si las características del paramento lo permiten, se fija uno a cada lado de la grieta y se mide su distancia con un calibre. Para mayor exactitud se marcan unas muescas a fin de hacer la medición siempre en el mismo punto.

Testigos de papel: Se fija un folio encima de la grieta pegándolo a cada lado de la misma para que quede bien tirante. Según el tipo de pegamento utilizado, se romperá o se despegará indicándonos si ha habido movimientos. No es tan efectivo como los procedimientos anteriores.

Testigos de vidrio: Pegado a cada lado de la grieta con un adhesivo idóneo como epoxi. Sólo es válido en casos muy específicos.

Fotografía: La utilización de fotografías permite seguir perfectamente la evolución de los daños.

1.4.7.4 Técnicos especializados

Una vez se hayan adoptado las medidas preventivas de emergencia anteriores, se debe requerir al titular del edificio para que técnicos especializados realicen un estudio más detallado. Los procedimientos más comunes que éstos van a utilizar son los siguientes:

- Calicatas y estudios geotécnicos para inspeccionar los cimientos.
- Esclerómetro, ultrasonidos, radiografía o gamma grafía, sondas magnéticas para detección de metales, toma de muestras para análisis en laboratorio,.... para comprobar los daños en los elementos estructurales.
- Comprobación con rayos X o nucleares (Iridio 160) de los defectos en las soldaduras de estructuras metálicas.
- Etc.

2

ACTUACIONES DE LOS S.E.I.S EN ESTRUCTURAS COLAPSADAS

2.1 COLAPSOS DE EDIFICIOS

2.2 TRIAGE ESTRUCTURAL

2.3 SISTEMAS DE BÚSQUEDA DE PERSONAS

2.4 APEOS Y APUNTALAMIENTOS DE EMERGENCIA

2. ACTUACIONES DE LOS S.E.I.S EN ESTRUCTURAS COLAPSADAS



2.1 COLAPSOS DE EDIFICIOS

Cuando un edificio se colapsa, generalmente lo hace de dos maneras, por medio de "explosión", o por medio de "implosión". La diferencia principal es la dirección de las fuerzas aplicadas a los materiales contenidos en la estructura durante el derrumbamiento de la construcción.

Con la implosión el edificio se colapsa sobre si mismo, este efecto es causado cuando el peso interior de las estructuras pierde su integridad y en consecuencia "jala" las estructuras externas hacia el centro de la masa, ocasionando una mayor densidad de escombros.

En el caso de la explosión, ya sea causada por fuerzas externas, mecánicas, naturales, químicas, etc. El edificio se colapsa en dirección hacia el exterior, ocasionando que los escombros sean esparcidos, y con ello una menor densidad y altura de los desechos. Es posible encontrar posibles víctimas atrapadas a grandes distancias del centro de la masa estructural original.

Cada tipo de colapso tiene características particulares que asimismo requieren técnicas particulares para trabajar en ellos.

2.1.1 TIPOS DE COLAPSOS DE EDIFICIOS

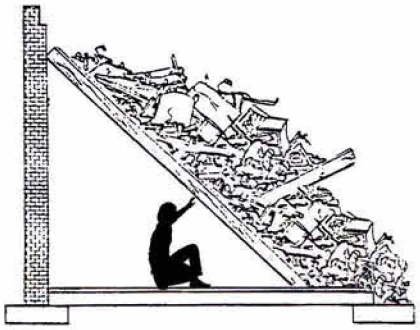
- Oblicuo
- En V
- Total (colapso)
- Superposición de planos
- Espacio relleno
- Local impactado
- Local bloqueado por los escombros
- Nido de golondrina o Suspendido
- Escombros en los bordes

Oblicuo

Se produce el hundimiento de una o varias de las paredes, causando que uno de los extremos del piso caiga y repose en el piso inferior. Deja huecos.

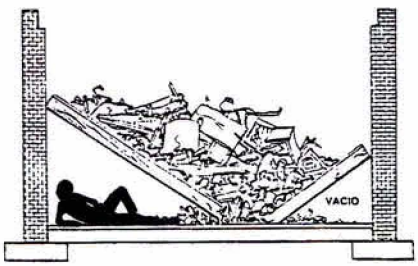
De este colapso resulta un espacio en forma de triangulo, donde se supone que hay posibilidad de supervivencia.

El extremo que queda apoyado está en estabilidad precaria. Esta área puede necesitar estabilización con apuntalamiento si los rescatistas deben hacer exploración o extracción.



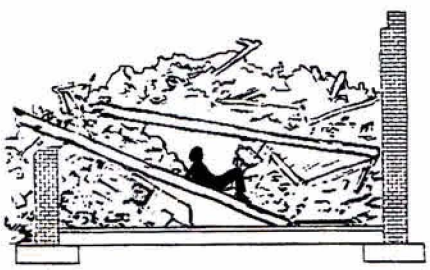
En "V"

Se produce cuando el piso al caer se fractura por golpear con otra parte de la estructura provocando una figura similar a una "V". Deja huecos localizados a ambos lados del piso colapsado y el ángulo formado por el suelo y las partes inferiores de las paredes en pie.



Total (colapso)

Hundimiento de los techos y columnas o paredes portantes con disgregación del material. Los huecos lo producen el mobiliario y materiales constructivos. Pueden existir huecos de supervivencia.



Superposición de planos

Se produce cuando las paredes portantes o columnas fallan por completo, y los pisos superiores caen horizontalmente sobre los inferiores.

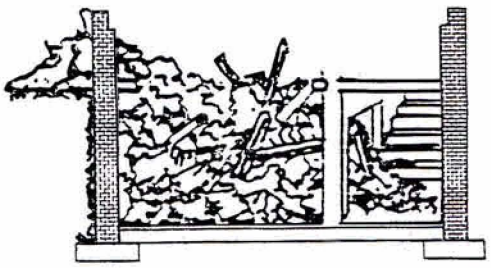
Este tipo de colapso es el que prevalece entre las estructuras porticadas de hormigón de varios pisos. Estos se refieren a la caída de los paneles de varios pisos que caen uno sobre otro. Los espacios resultantes son limitados y de difícil acceso, especialmente en estructuras de hormigón.

Las víctimas se encuentran en pequeños espacios creados cuando los pisos tienen separaciones como resultado del contenido de las edificaciones como muebles, electrodomésticos, etc. Los elementos estructurales rotos entre los paneles de pisos y techos también pueden crear espacios internos.



Espacio relleno

Hundimiento del techo descomponiéndose. Las paredes se mantienen. Los huecos lo producen el mobiliario.



Local impactado

Una explosión ha afectado a parte del edificio. Caída Parcial de techos, muros y paredes. Hay zonas inestables, con riesgo de hundimiento posterior.

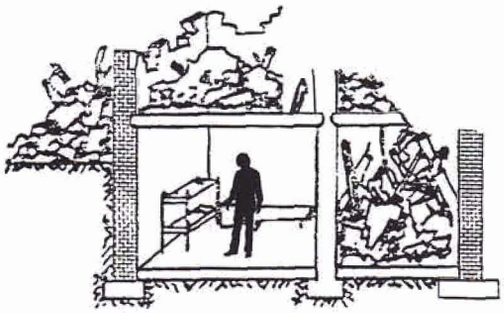


Los supervivientes se encuentran localizados sobre o bajo los pisos suspendidos, realmente este tipo de espacio vital, tiene por característica que la víctima solo se encuentra imposibilitada de abandonar ese espacio por sus propios medios, requiriendo solamente apoyo de personal de rescate, en estos casos el peligro es más para los rescatistas por caída de material sobre estos, que para la víctima.



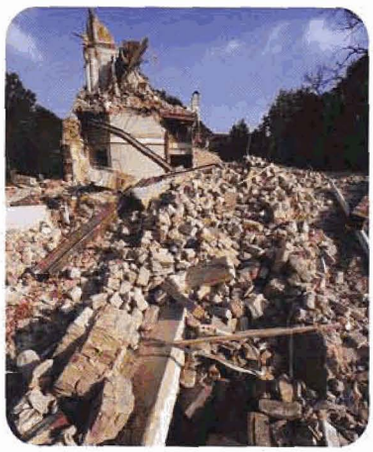
Local bloqueado por escombros

El Hundimiento parcial del edificio ha dejado una zona libre de escombros, al aguantar los empujes el techo y las paredes de la zona o habitación. Puede no apreciarse a simple vista por encontrarse cubierto por escombros en su totalidad.



Escombros en los bordes

Hundimiento de techos y paredes, manteniéndose una de ellas en pie y quedando los escombros apoyados en la pared que ha resistido.



Nido de golondrina o Suspendido

Se produce cuando fallan las paredes, y uno o varios de los extremos de los pisos quedan suspendidos en el aire, mientras que los otros extremos de dichos pisos están todavía conectados a las paredes.

Este tipo de colapso es sumamente peligroso por su inestabilidad, requiere de apuntalamiento inmediato y de extremo cuidado.

Cada uno de estos tipos de colapso, permite encontrar espacios vitales aislados, por lo cual es importante reconocer el tipo de estructura, la forma en que puede colapsar, así como los materiales de que está compuesta, para de esta manera dar inicio a la localización de espacios vitales aislados y por ende a víctimas con posibilidades de supervivencia.

Todos estos aspectos permitirán hacer en caso de ser necesario una priorización de la búsqueda, llevándonos en primer término a trabajar en aquellos lugares con

mayor probabilidad de encontrar víctimas con vida, es decir, basado en lo anterior, vamos a tener mayor probabilidad de encontrar personas con vida en un colapso en forma de "V" que en una superposición de planos.

Se deben identificar todas aquellas formaciones de escombros que formen cavidades, pasadizos o aberturas estables, que puedan conducir de la manera más rápida y segura, a los espacios vitales. Evitar accesos inestables, a menos que ellos puedan ser removidos, anclados o apuntalados.

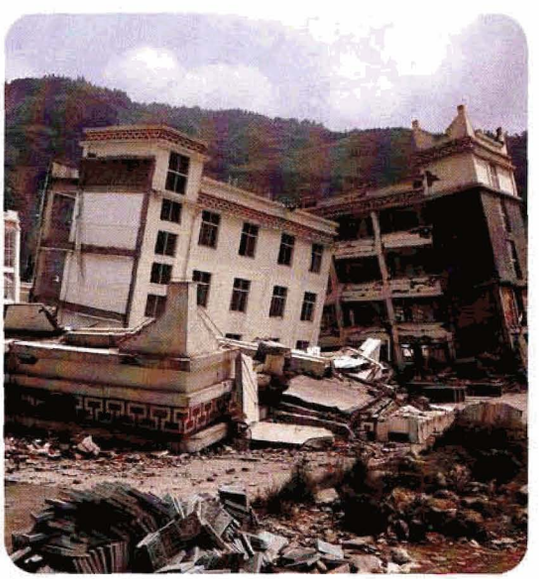
2.2 TRIAGE ESTRUCTURAL

El triage estructural es la evaluación y priorización rápida de edificaciones colapsadas, con el propósito de seleccionar aquellas en las cuales hay una mayor posibilidad de encontrar y rescatar víctimas con vida.

2.2.1 CRITERIOS A SEGUIR PARA EL TRIAGE ESTRUCTURAL

El triage será necesario si hay más de un edificio asignado al mismo Equipo.

1. El triage se iniciará tan rápidamente como sea posible por el primer equipo de especialistas en rescate y estructuras que lleguen al lugar tan rápidamente como sea posible, y no deberá prolongarse más allá de dos horas.
2. Ninguna operación no planificada será comenzada hasta que el triage inicial sea completado, para establecer prioridades.
3. La evaluación más detallada de estructuras dañadas y la demarcación de edificio se realizarán después que se haya dado prioridad a las estructuras iniciales (acompañadas con la búsqueda inicial).
4. Los criterios de triage serán reevaluados después de la búsqueda inicial a la luz de: 1) localización de víctimas con vida, 2) nuevos derrumbes ó 3) después del uso de maquinaria pesada.
5. Si muchos edificios estuviesen involucrados, el triage debe ser realizado por dos equipos, de dos componentes cada uno De todas formas será imperativo que ambos equipos comparen sus criterios antes y después de hacer el trabajo del triage, de manera tal que aseguren y obtengan una evaluación uniforme.
6. Habrá edificios que estén significativamente dañados, así que la búsqueda y el rescate no será procedente, hasta que el peligro sea mitigado. A estos edificios se les marcará (No pasar).
7. Algunos edificios quizás requerirán operaciones de rescate más allá de la capacidad del equipo de rescate, por ejemplo: equipos pesados y equipos de levantamiento, etc.
8. El triage estará basado en toma de decisiones para la obtención de rápida información, y serán siempre sometidas a un sentido común de revisión y ajuste por los líderes del grupo de rescate, de los equipos de especialistas en estructuras presentes en el lugar y de las autoridades locales (Arquitectos, aparejadores, etc.)
9. La meta siempre será el rescate del mayor número de víctimas con vida durante el primer día (sin crear víctimas adicionales de los grupos de rescate).
10. La tendencia natural de los especialistas en rescate y estructuras será la de "parar en los edificios" y de resolver los problemas, y no dejar las estructuras donde se sabe que pueda haber personas atrapadas. Esta tendencia debe ser mantenida por un tiempo predeterminado de no más de 15 minutos por edificio, para poder realizar una correcta evaluación de la situación general.



2.2.2 FACTORES A CONSIDERAR PARA EL TRIAGE ESTRUCTURAL

Los siguientes factores serán utilizados en la realización del TRIAGE, para determinar si la relación riesgos/beneficios es viable y se pueda priorizar:

Ocupación: El tipo de actividad que se realiza en el edificio así como el potencial máximo de número de ocupantes.

Tipos de estructuras: Tipos de materiales que están involucrados de manera que ayuden a identificar las dificultades de acceso, tipo de colapso, y las necesidades de mitigar el potencial de peligro etc.

Tipo de colapso: De qué manera cayeron los edificios para saber donde podrían estar las víctimas con vida.

Día y hora del evento: Se refiere al momento del evento el cual causó el colapso. Este es un factor crítico cuando está combinado con el tipo de ocupación, por ejemplo: Si un derrumbamiento ocurre a las 21:00 horas y colapsa un edificio de oficinas y un edificio de apartamentos, este último normalmente representará un potencial más alto para el éxito de rescate que el edificio de oficinas. Si el evento ocurre a las 13:00 horas sería lo opuesto.

Información local de los testigos: La información del público en general, autoridades locales y los primeros en reaccionar, etc., relacionados con víctimas atrapadas.

Presencia de víctimas: De más esta el decir lo importante que es este punto, no es lo mismo el tiempo dedicado a una edificación donde se sospeche que hay victimas que a otra donde dada las condiciones la posibilidad es remota.

Recursos disponibles para la búsqueda y rescate: Cuando un edificio requiere recursos más allá de lo que realmente está disponible para el equipo de rescate, por ejemplo si es necesario equipo pesado para lograr el acceso.

Condiciones estructurales de un edificio: Cuando las operaciones de búsqueda y rescate van a requerir un mínimo esfuerzo de apuntalamiento.

Ubicación de las válvulas de paso de los servicios públicos: Permite cerrar los servicios de agua, gas, electricidad, etc. para poder operar de manera más segura.



2.3 SISTEMAS DE BÚSQUEDA DE PERSONAS

Para la localización de personas sepultadas tendremos en cuenta principalmente los siguientes tipos de búsqueda:

2.3.1 BÚSQUEDA FÍSICA SUPERFICIAL

Este modo de búsqueda es aquel que se efectúa de manera rápida para detectar la presencia de supervivientes en superficie o en espacios vitales aislados de fácil acceso.

No requiere de equipos especiales, ni de especialistas. Sólo requiere la capacidad humana, sus sentidos y algunos procedimientos preestablecidos.

Este tipo de búsqueda muchas veces es la única disponible por los primeros equipos en acceder al lugar y que no disponen de recursos técnicos.



2.3.2 BÚSQUEDA ELECTRÓNICA EXTENDIDA

Este modo de búsqueda es aquel que se efectúa de manera metódica y cubriendo detallada y lentamente toda el área asignada. Incluye la aplicación de diversas técnicas y patrones de búsqueda.

Requiere de equipos y personal especializado en detección de sonidos, temperatura, video, vibraciones, etc.

El avance tecnológico para este tipo de búsqueda mejora cada día más. La combinación de la búsqueda canina con la electrónica debe utilizarse siempre que se pueda para la obtención de resultados más rápidos.



2.3.3 BÚSQUEDA CANINA

En la búsqueda canina se utiliza el agudo sentido del olfato en canes entrenados para ello.

Los canes de búsqueda entrenados para rastrear seres humanos, pueden lograr un ahorro considerable de tiempo en la labor de localización de personas atrapadas. Un can de búsqueda puede suministrar una indicación muy rápida y precisa de la ubicación de una persona atrapada, aún bajo una gran cantidad de escombros. Su uso se ha establecido como norma, en los grupos de búsqueda y rescate en estructuras colapsadas de países como Francia, Israel y Estados Unidos, entre otros.

Un buen can entrenado puede inspeccionar grandes áreas en poco tiempo. Los canes usan su excelente sentido del olfato para detectar víctimas atrapadas bajo escombros. La función primaria de los canes es detectar a personas vivas. Sin embargo la mayoría de ellos dan indicación sutil de víctimas muertas y cuando es posible estas áreas se pueden marcar para remover los cuerpos en el futuro.

El can de búsqueda indica cuando encuentra el olor de una víctima, ladrando en la fuente más fuerte de ese olor. El canino puede excavar en la fuente del olor y tratar de penetrar hacia el lugar donde está la víctima.

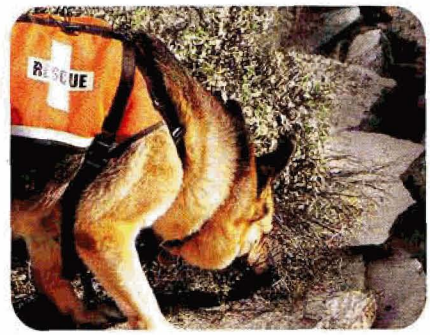
Ventajas de las brigadas caninas

Pueden cubrir grandes áreas en poco tiempo.

Pueden ingresar en espacios vitales aislados sin dificultad.

Pueden detectar víctimas inconscientes.

Los canes pueden acceder a áreas estrechas e inestables para una persona. Pueden ser utilizados en búsqueda superficial y en búsqueda extendida.



2.3.4 TÉCNICAS DE LLAMADA Y ESCUCHA

Cuando se conoce que aun hay personas extraviadas y el personal de rescate se enfrenta con un derrumbamiento estructural mayor, las victimas pueden estar atrapadas dentro de aberturas o espacios de supervivencia formadas por la Estructura colapsada. El sistema de 'Llamada y Escucha' se debe utilizar periódicamente.

El mando presente en el lugar, indicará a los miembros del equipo que se coloquen en puntos de observación convenientes alrededor del área dónde pudieran encontrarse ubicadas las personas atrapadas, y entonces se hace una llamada.

Cada equipo dirigido por el mando realizará llamadas como: EQUIPO DE RESCATE AQUÍ, ¿PUEDE USTED OÍRME? mientras los otros miembros de los demás equipos escuchan atentamente para cualquier respuesta de la

victima. Si ninguno oye, es una buena estrategia dar pequeños golpes en la pared, o en cualquier cañería de agua o gas, viga etc. en todo escombro que sea buen conductor de sonido y asimismo escuchen para una posible respuesta.

Al oír una respuesta, cada oyente apunta al lugar por el que vino el sonido, así se ubica la posición. Una vez el contacto se ha establecido con una persona atrapada, debe continuarse dicho contacto.

Por la noche este procedimiento se hace mejor apuntando en la dirección del sonido con antorchas o linternas. Los socorristas no se deben sentir presionados y deben apuntar al lugar exacto de procedencia del sonido.

Existen diferentes sistemas para la localización de víctimas y visualización de personas sepultadas a través de equipos capaces de detectar señales producidas por un ser humano y amplificarlas para ser visualizadas a través de un registrador o pantalla. Son sumamente útiles en las labores de búsqueda y rescate en estructuras colapsadas. Estos equipos pueden, mediante el uso de sondas o detectores remotos, alcanzar sitios inaccesibles por un miembro del grupo de búsqueda y señalar la presencia, e incluso la condición, de una persona o víctima atrapada.

2.3.5 GEÓFONOS

Son aparatos capaces de detectar señales sonoras casi imperceptibles (ligeras rascaduras) de personas sepultadas bajo escombros o bloques de hasta 6 m. de espesor a través de una serie de captores colocados directamente sobre el terreno.

Disponen también de una sonda de comunicación que se introduce a través de los escombros que permite, una vez localizada la víctima entablar comunicación entre la víctima y los servicios de emergencia.





2.3.6 CÁMARAS DE VISUALIZACIÓN Y COMUNICACIÓN

Son cámaras que se introducen entre los huecos de los escombros que permiten visualizar a las víctimas sepultadas y dialogar con ellas.

Estos equipos están formados por una cámara montada en la punta de una pértiga telescópica. Unida a una caja de control portátil con pantalla. La cámara es rotativa y permite una amplia visión. Disponen también de un micrófono y altavoz incorporados en la cámara permitiendo la comunicación con la víctima.





2.3.7 BÚSQUEDA TÉRMICA

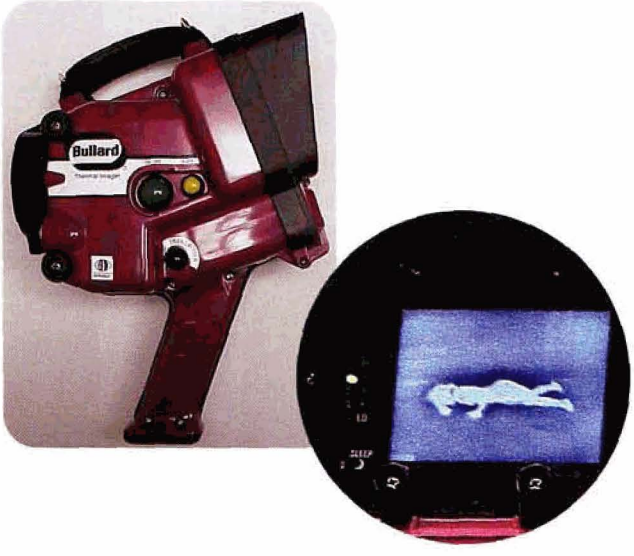
Estos equipos de búsqueda detectan la diferencia de temperatura de los objetos y su entorno y ofrece una forma de ver a través del humo y el polvo.

Desventajas: la unidad no puede detectar diferencias de calor a través de medios sólidos. Solo identifica fuentes de calor, no diferencia si son personas enterradas bajo los escombros u otra fuente, lo cual crea confusión en el momento de la búsqueda.

En conjunto, una vez localizada la posible víctima se pueden utilizar los equipos para búsqueda electrónica, combinados con la búsqueda convencional y la búsqueda canina para la ubicación exacta. Otro método a utilizar es la detección química, la cual determina el nivel de anhídrido carbónico (CO_2) y otros gases generados

por el metabolismo humano. Esta técnica puede indicar la presencia de una persona o víctima en un lugar determinado. Diversos equipos de medición (colorimétricos o cromatográficos), utilizan reacciones químicas para indicar los niveles de dichos gases en un ambiente colapsado.

Debe existir un proceso de integración entre la búsqueda convencional y la búsqueda canina en los sitios de colapso, teniendo estos últimos accesos a las áreas más difíciles con menor riesgo.



2.4 APEOS Y APUNTALAMIENTOS DE EMERGENCIA

Los apeos son estructuras elementales de madera (es recomendable usar madera nueva, no usada) o metálicas, que se utilizan para sostener provisionalmente los elementos estructurales de un edificio que estén en peligro de ruina inminente.

Como regla general, un apeo debe ser proyectado por un técnico especializado quien analizará el reparto de cargas y calculará las secciones y la posición de los elementos que componen el apeo.

No obstante, si la situación de emergencia no permite esperar la llegada de ese técnico, los Bomberos realizarán un apeo de emergencia. En este caso, no habrá tiempo para cálculos por lo que deberán actuar por intuición, sobredimensionando los elementos del apeo para garantizar un nivel de seguridad adecuado.

La evaluación de apuntalamientos incluye:

· Un reconocimiento de los daños estructurales e identifica las posibles ubicaciones de víctimas en edificios que se hayan localizado durante el triage estructural inicial.

· La identificación de riesgos estructurales, daños y posibles ubicaciones de víctimas.

· La búsqueda del mejor método para aminorar los riesgos y daños estructurales (distancia, eliminar riesgo, o apuntalar).

· La determinación del tipo y lubicación de sistemas de apuntalamiento con relación a los riesgos estructurales, daños y posibles ubicaciones de víctimas.

Existen dos objetivos principales en el apuntalamiento:

- Conservar la integridad de todos los elementos estructuralmente inestables.
- Transmitir adecuadamente las cargas del colapso a tierra firme u otros elementos estructurales capaces de soportar las cargas.



2.4.1 TIPOS DE APUNTALAMIENTOS

Según el lugar donde se ejecutan

- Cimientos
- Muros
- Pilares
- Techos
- Arcos y bóvedas

Según la obra de construcción

- Reparaciones o restauraciones
- Consolidaciones
- Reformas- aperturas de huecos
- Ampliaciones
- Demoliciones
- Ruinas (apuntalamientos)

Según la posición que se colocan:

- Verticales:

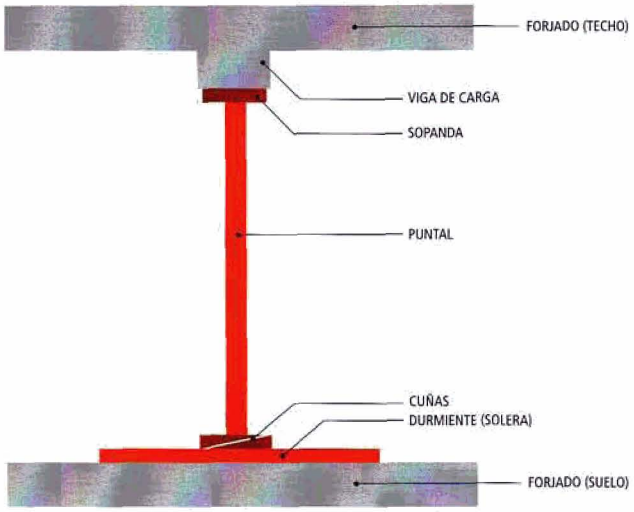
- De techo
- De viga
- De voladizo

• Inclinados:
- Simple
- Múltiple
- En abanico (reforzado con la cruz de San Andrés)

• Horizontales
• Apuntalamiento de hueco
• Apuntalamiento inclinado de muro
• Apuntalamiento de cimentación descalzada

Apuntalamiento vertical

Se utilizan para sostener los elementos horizontales que se encuentren deteriorados: Vigas, Techos, Voladizos, etc.



Esquema de apuntalamiento vertical.

ELEMENTOS DEL APUNTALAMIENTO VERTICAL

Sopanda

Elemento que se coloca en la zona que hay que sostener. Tiene que recibir las cargas o esfuerzos y trasmitirlas al durmiente a través de los puntales.

El material que normalmente se utiliza es madera de pino del tipo tablón de 20 x 7 cm y, cuando las cargas son menores, tabloncillo de 15 x 5 cm o tabla de 10 x 2 ó 3 cm.

Puntal

Su misión es recibir las cargas y trasmitirlas al durmiente. Tiene que resistir las cargas sin pandear ni romperse por los esfuerzos.

El material puede ser de madera y metálico.

Cuñas

Se utilizan cuando los puntales son de madera. Su misión es la de ajustar perfectamente el puntal entre el durmiente y la sopanda, sin holguras, es decir trabajando.

Durmiente o Solera

Es el elemento base, sirve de apoyo de forma que recibe la carga y la reparte al terreno de forma uniforme.

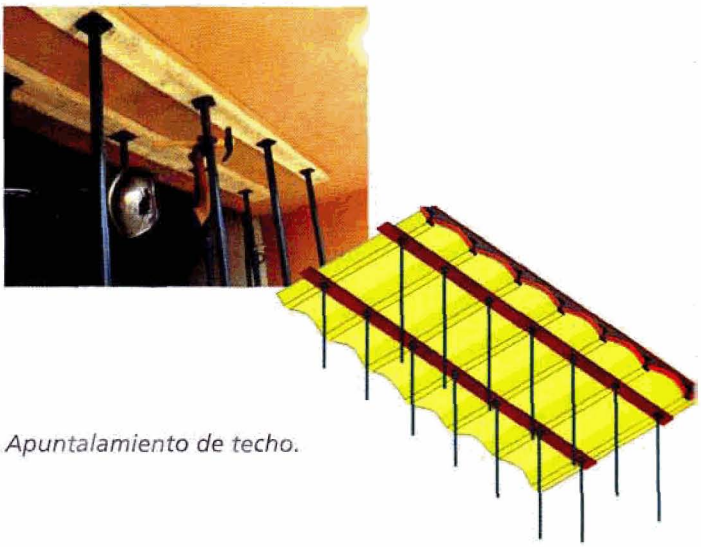
El material que normalmente se utiliza para el durmiente es la madera tipo tablón. Al igual que en la sopanda, podremos utilizar tabloncillo o tabla dependiendo de las cargas.

Apuntalamiento de techo o forjado

La dirección de las sopandas y los durmientes serán perpendiculares a las viguetas.

Los puntales se colocarán repartidos, con una separación máxima de 1 m.

Las líneas de apuntalamientos dependerán de las condiciones del techo, si hay que apuntalarlo entero deberemos repartir las líneas de sopandas y durmientes, con una separación máxima de 1,50 m.

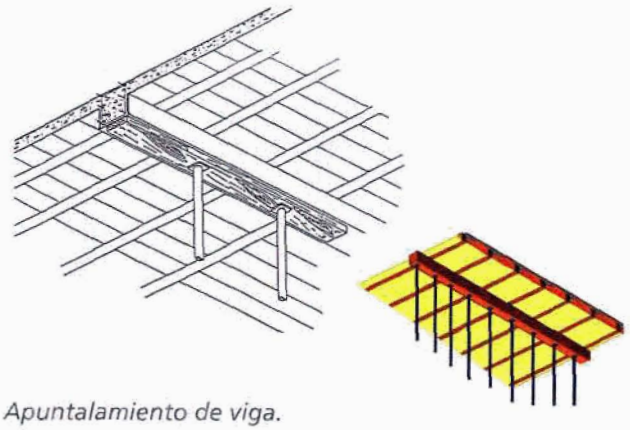


Apuntalamiento de techo.

Apuntalamiento de viga o jácena

Al ser un elemento estructural que soporta las cargas de las viguetas que apoyan en la misma, tenemos que realizar el cálculo del apuntalamiento y determinar las dimensiones de la sopanda, distribución de puntales y durmiente.

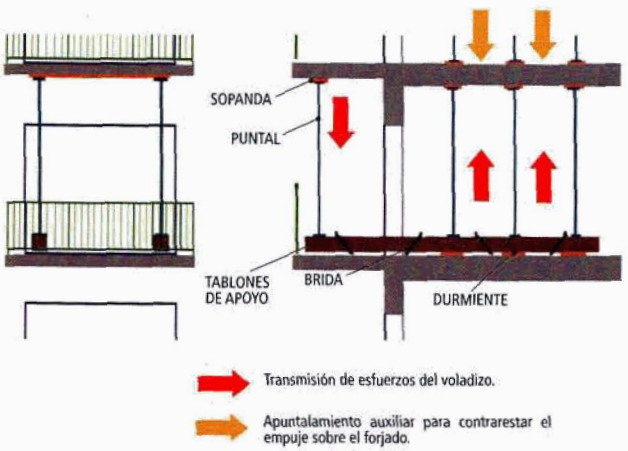
La sopanda se debe colocar en la dirección de la viga.



Apuntalamiento de viga.

Apuntalamiento de voladizo

Cuando tengamos que apuntalar un voladizo, podemos adoptar varias soluciones. La que aquí se plantea permite que las cargas se trasmitan al edificio y no se obstaculiza el transito por la calle.



Apuntalamiento en voladizo.

Apuntalamientos inclinados

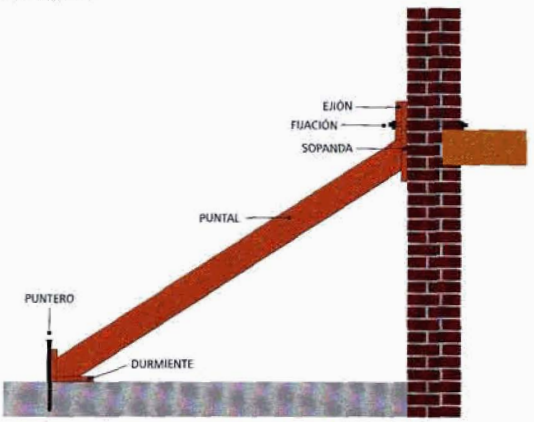
Se utilizan para sostener los elementos verticales que se encuentren deteriorados en un edificio: Paredes, Muros, Fachadas, etc.

Se dividen en Simple, Múltiple y Abanico.

Apuntalamiento inclinado simple

Es un apuntalamiento sencillo, que utilizaremos para esfuerzos pequeños, elementos que no tengan mucha carga.

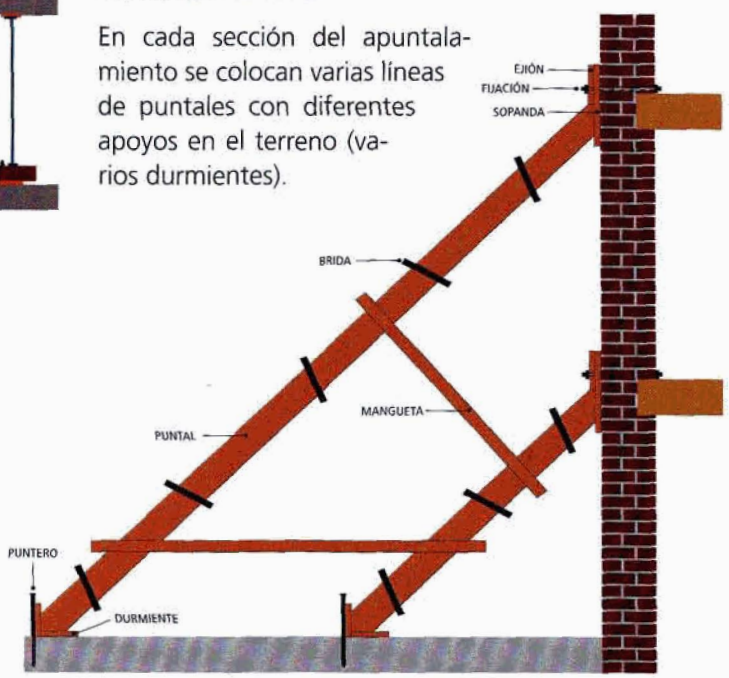
En cada sección del apuntalamiento se coloca un solo puntal inclinado.



Apuntalamiento inclinado múltiple

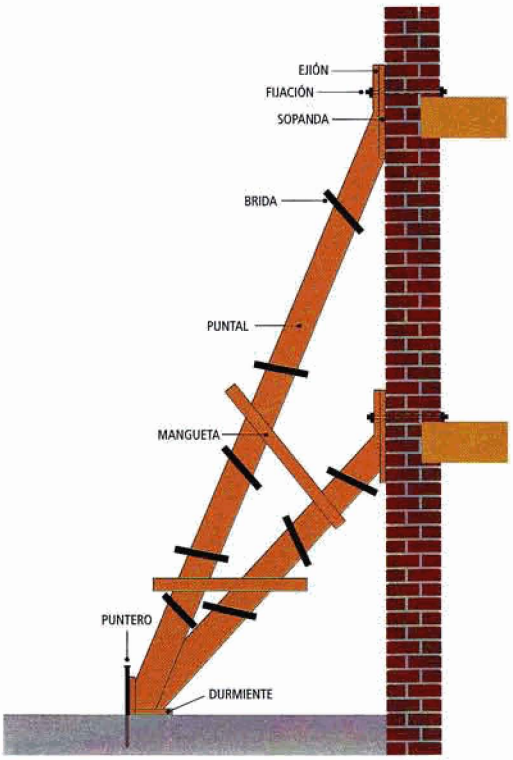
El elemento constructivo deteriorado soporta cargas superiores, las condiciones de la altura del muro o pared requieren la utilización de un apuntalamiento con elementos más resistentes.

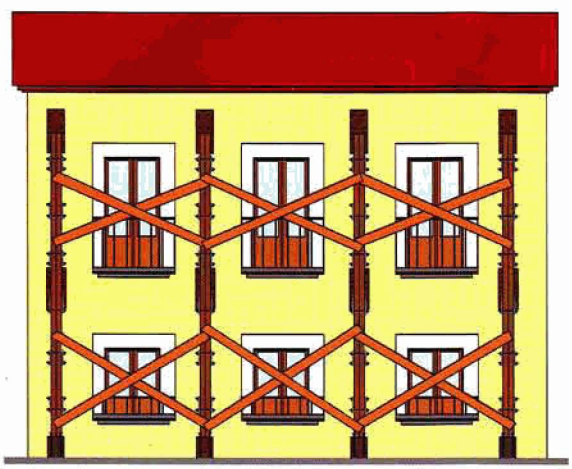
En cada sección del apuntalamiento se colocan varias líneas de puntales con diferentes apoyos en el terreno (varios durmientes).



Apuntalamiento inclinado en abanico

Es una variante del apuntalamiento inclinado múltiple, la diferencia estriba en que cada sección del apuntalamiento tiene un solo apoyo, durmiente, del que parten los distintos puntales que conforma el abanico





ELEMENTOS DEL APUNTALAMIENTO INCLINADO

Sopanda

Elemento que se coloca en la zona deteriorada que hay que sostener. Tiene que recibir las cargas, las debe resistir y trasmitir al durmiente a través de los puntales.

El material que normalmente se utiliza es madera de pino del tipo:

Tablón de 20 x 7 cm.

Cuando las cargas son menores

Tabloncillo de 15 x 5 cm. ó Tabla de 10 x 2 ó 3 cm.

Puntal o tornapunta

Su misión es recibir las cargas y trasmitirlas al durmiente. Tiene que resistir las cargas sin pandear ni romperse por los esfuerzos.

La tornapunta es un puntal inclinado.

El material puede ser de madera tipo tablón y dependiendo del apuntalamiento podemos utilizar puntales metálicos extensibles o telescópicos.

Durmiente o Solera

Es el elemento base, sirve de apoyo de forma que recibe la carga y la reparte al terreno de forma uniforme.

El material que normalmente se utiliza para el durmiente es la madera tipo tablón.

En este tipo de apuntalamiento el durmiente requiere una atención muy especial, pues recibe grandes cargas y las tiene que trasmitir al terreno. Para evitar movimientos que puedan desestabilizar el apuntalamiento, intentaremos soluciones de apoyo en elementos construidos, como dados, vigas, canales, bordillos de aceras, etc.

Ejión

Se utiliza para las fijaciones de elementos como el puntal, sopanda o durmiente de forma que evite su deslizamiento y a la vez le trasmita tensión al puntal. Normalmente es un taco de madera de las mismas dimensiones de la sopanda o durmiente

Bridas

Son abrazaderas para unir varios puntales o en el empalme de tablones. Se ejecutan con pletinas de hierro y varillas roscadas con tuercas para su fijación.

Manguetas

Este elemento sirve para el arriostramiento entre los distintos puntales y secciones de apuntalamientos. Evita que los puntales puedan abrirse y separarse.

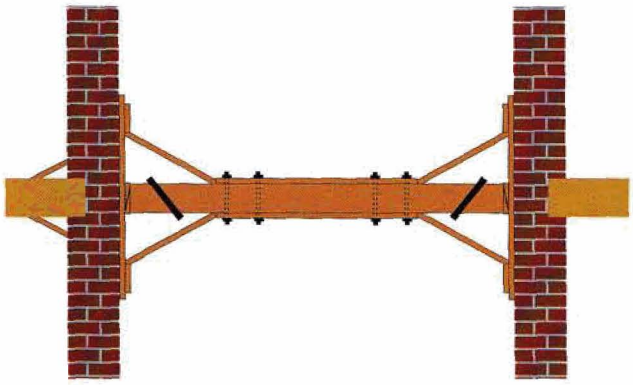
Cuando se arriostran distintas secciones de apuntalamientos la solución que se adopta con las manguetas se denomina **Cruz de San Andrés**.

Apuntalamiento Horizontal

Se utiliza para sostener elementos verticales de forma que el apuntalamiento no estorbe o interrumpa los trabajos a realizar.

En el caso de apoyarse en otro edificio es muy importante conocer el estado del mismo y los puntos de apoyo (durmientes) que vamos a utilizar.

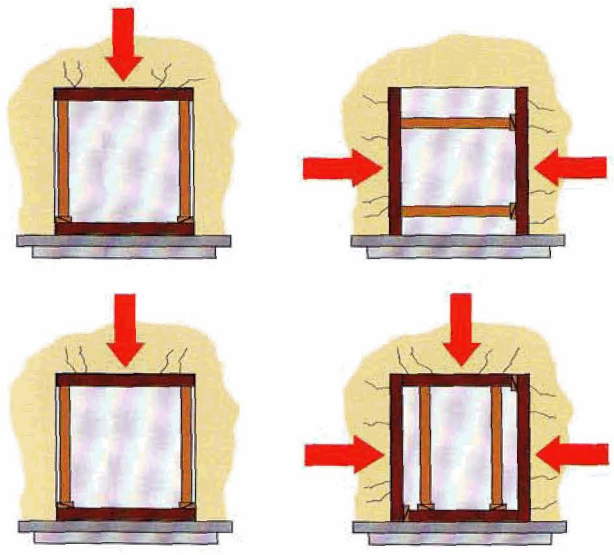
En este tipo de apuntalamiento, se encuentran también comprendidos las entibaciones de zanjas, algunos apuntalamientos de cimientos, muros, etc.



Apuntalamiento de hueco

Se refiere a los apuntalamientos de huecos de ventanas y puertas.

Admite varias soluciones de apuntalamientos. También se les llama recercados.



Estudiaremos el tipo de apuntalamiento más adecuado, dependiendo del uso que le queramos dar a ese hueco (permitir el paso a través de él) y del material que dispongamos.

Apuntalamiento inclinado de muro

Mediante el apuntalamiento del muro, evitaremos que el desplome aumente y se produzca su caída o hundimiento.

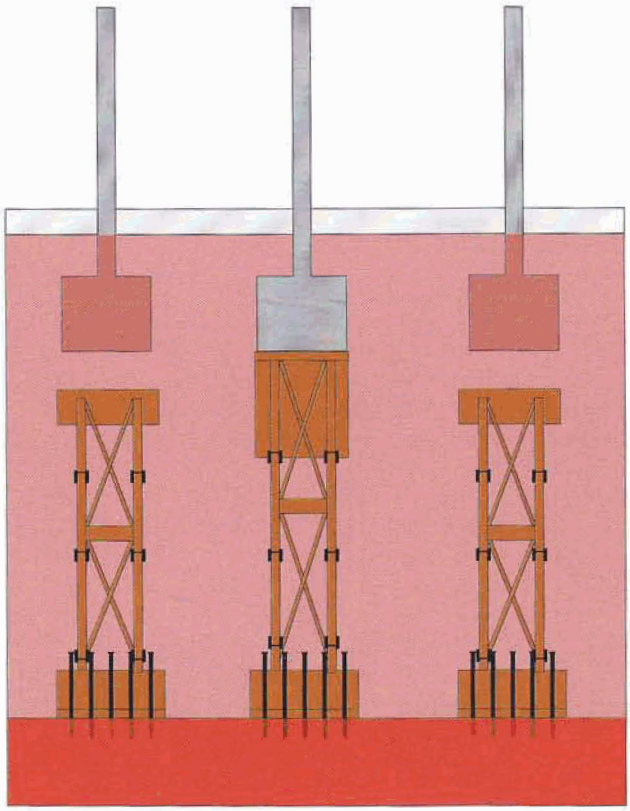
El apuntalamiento de la fachada de un edificio requiere cálculo previo. Las cargas que se tienen que soportar son muy importantes.

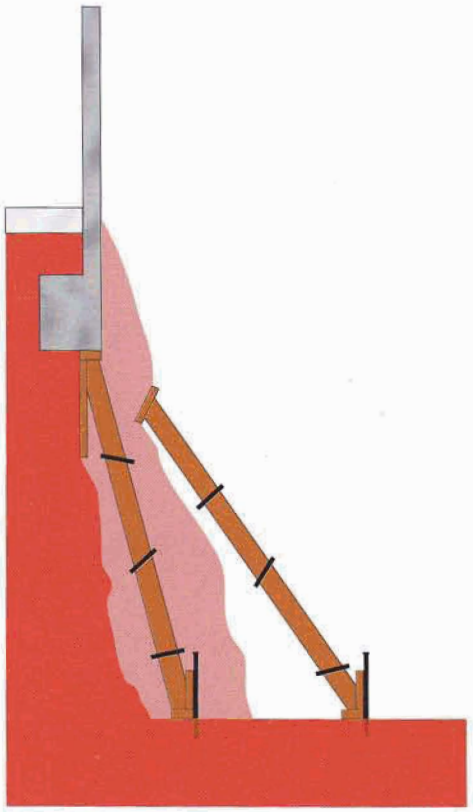
La solución que adoptemos, simple, múltiple o abanico, dependerá de las cargas.

El Desplome indica la existencia de una fuerza horizontal, representada en el punto máximo del desplome, siendo la que debemos anular

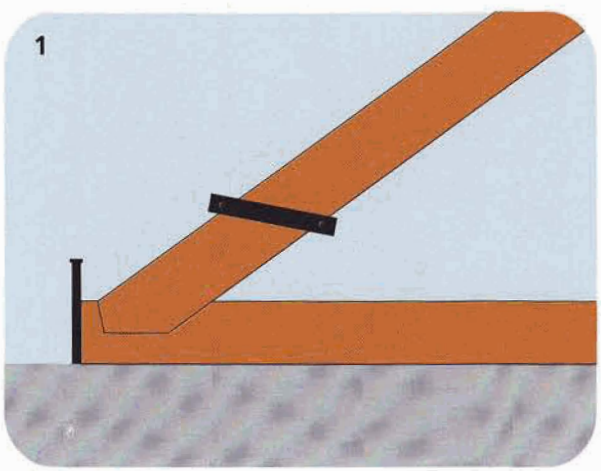


Apuntalamiento de cimentación descalzada





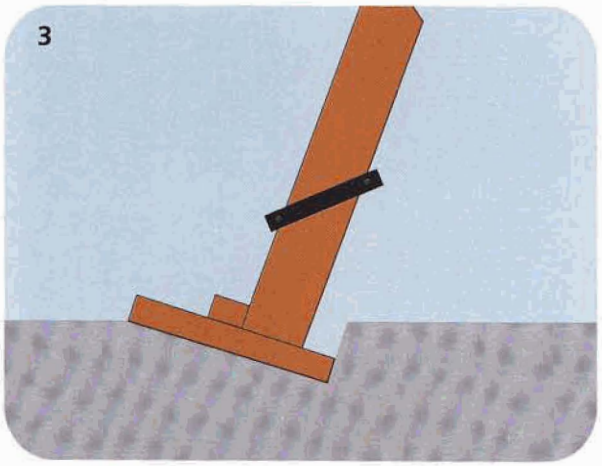
Encuentros de puntal con durmiente



Con encaste en el durmiente horizontal. Solución poco práctica, requiere un trabajo de desbaste del durmiente y se produce un debilitamiento del mismo



Apoyado en el bordillo de la acera o en la fachada de enfrente.



Excavación en el terreno para colocar el durmiente inclinado. Se prepara el terreno dándole una cierta pendiente.



Estacas de madera, punteros o picas de acero clavados en el terreno y colocados sobre un durmiente horizontal y otro en vertical, el puntal a tope y con los cortes adecuados



Puntal metálico Theca.

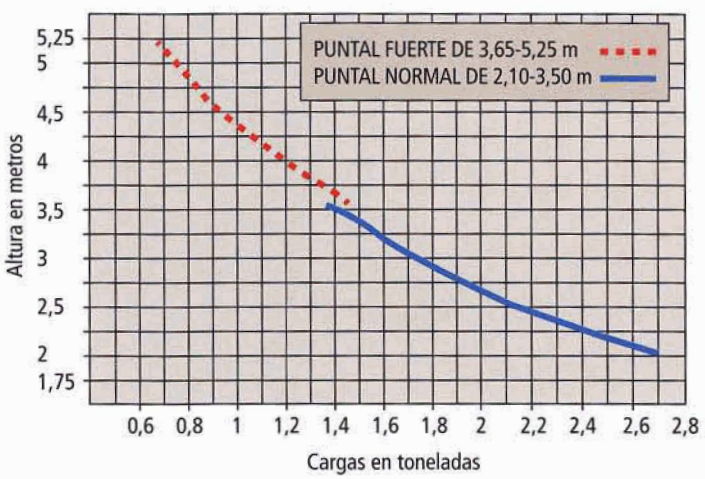


Diagrama de cargas de puntales metálicos amarillos.

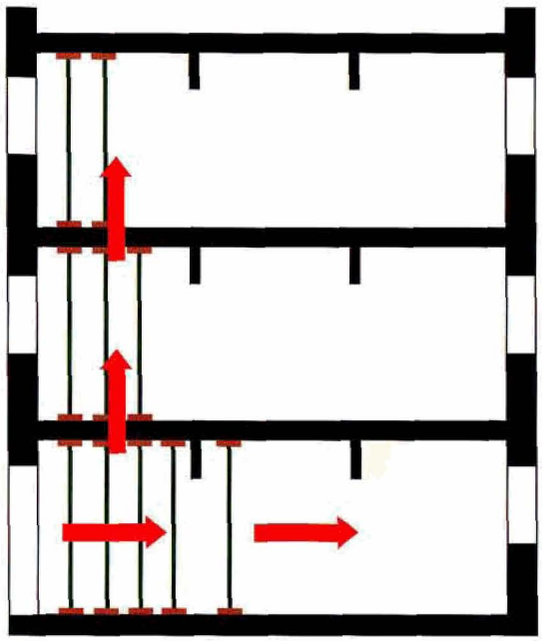
Ejecución de los trabajos de apuntalamiento verticales

Desarrollo de los trabajos de apuntalamientos verticales en un edificio

En el caso de que tengamos que apuntalar los diferentes techos de un edificio, la ejecución la efectuaremos comenzando desde la planta baja hacia las siguientes superiores.

Iniciando el apuntalamiento desde la puerta o acceso y continuando hacia el fondo, de forma que conforme avanzamos el propio apuntalamiento nos irá protegiendo del posible riesgo de hundimiento, de algún elemento de la construcción.

Si es posible, las diferentes alineaciones de sopandas, puntales y durmientes deben coincidir en las distintas plantas, de forma que las cargas se repartan a través de los apuntalamientos.



3

DESESCOMBRO Y SALVAMENTO EN DERRUMBES DE EDIFICIOS

3.1 CONSIDERACIONES
3.2 ANÁLISIS PREVIO
3.3 FASES OPERACIONALES
3.4 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD
3.5 CONDICIONES Y ACCIONES INSEGURAS
3.6 VÍAS DE ESCAPE
3.7 ZONAS SEGURAS
3.8 CLIMATOLOGÍA ACTUAL Y PREVISTA A CORTO PLAZO
3.9 PERSONAL DE RESCATE
3.10 ASISTENCIA SANITARIA Y ZONA DE SOCORRO
3.11 ZONA DE APOYO EN EL ENTORNO

3. DESESCOMBRO Y SALVAMENTO EN DERRUMBES DE EDIFICIOS

3.1 CONSIDERACIONES

Tras el colapso de un edificio por pérdida de la capacidad portante de los elementos estructurales, pueden quedar en virtud del comportamiento de las columnas, vigas, muros, paredes etc., o de los muebles que puedan servir de apoyo a alguno de esos componentes, espacios cuyas condiciones para la supervivencia humana garanticen la estancia de una persona por períodos relativamente largos. A estos espacios los llamaremos espacios vitales aislados (lugar dentro de una estructura colapsada donde existen condiciones de supervivencia para las personas allí atrapadas).

Estos espacios, no necesariamente deben ser amplios o permitir la movilidad de la persona atrapada.



Existen evidencias en el sentido de que ha habido muchas personas que han sobrevivido en espacios muy reducidos donde solo podían mover los brazos y respirar, o por haber quedado en las zonas de baños que es por donde generalmente pasan todas las tuberías de servicio y que contaron con agua, lograron resistir más tiempo que el señalado por las estadísticas.

La sola idea de poder rescatar a alguien vivo después de varios días de trabajo en el área, debe ser motivación suficiente para el personal de rescate para continuar con sus esfuerzos, hasta que la última de las esperanzas se pierda.

Hay que esperar lo inesperado. No importa lo detallado y revisado que tengamos nuestro plan de contingencia, siempre aparecerán situaciones que nadie ha anticipado, por lo que esa es otra oportunidad de demostrar la calidad, la dedicación y el compromiso de nuestro personal de rescate.

Las operaciones de rescate no terminan hasta que TODAS las posibles víctimas (vivas o fallecidas), hayan sido retiradas del derrumbe y además TODA el área de operaciones haya sido completamente revisada. La experiencia en este tipo de rescates nos indica que la intensidad con la que se realizan dichas operaciones disminuye con el paso de los días, sin embargo también hay que recordar que en varias ocasiones se han

registrado víctimas que han podido ser evacuadas vivas aun después de pasar hasta 12 días bajo los escombros.

Una de las intervenciones más dramáticas para el personal de los servicios de emergencias son los rescates de víctimas atrapadas en hundimientos de edificios.

La tensión propia de todo siniestro se agrava por la incertidumbre de que los atrapados puedan seguir vivos, por la sensación de impotencia ante el impresionante escenario del edificio destruido y por la desesperación que provoca la inevitable lentitud de los trabajos (es frecuente que duren varios días).

Para superar ese dramatismo, las actuaciones tienen que planificarse y organizarse siguiendo los principios básicos que se exponen a continuación.

3.2 ANÁLISIS PREVIO

En la mayoría de los hundimientos de edificios, los elementos constructivos derrumbados (en especial pilares, vigas, cerchas y forjados) quedan dispuestos de forma que dejan espacios huecos bajo los escombros, que posibilitan la supervivencia de víctimas. Puede haber también supervivientes gracias a la protección de objetos resistentes (mesas, camas, armarios,...) que actúen de soporte para la formación de oquedades.

Los primeros equipos en llegar al lugar del siniestro deben, desde el principio, tomar los datos precisos para determinar las posibilidades de supervivencia de los atrapados, su rápida localización y las técnicas de rescate que han de organizarse.

Esta exploración se hará con rapidez pero de la forma más completa posible sin perjuicio de proceder al rescate de las víctimas que se detecten y que sea posible rescatar con rapidez y seguridad.

La información recogida se trasladará a los responsables de los equipos que sucesivamente se vayan incorporando al lugar y, a su vez, cada uno de estos responsables la canalizará a su respectiva Central o autoridad de quien dependan, a fin de que pueda movilizar los medios necesarios para la intervención.

3.3 FASES OPERACIONALES

El colapso de un edificio se puede producir a causa de un fenómeno natural o producido por el hombre. Cuando esto ocurra y se encuentren personas atrapadas en su interior, tendremos que estar preparados para



dar una respuesta rápida y coordinada. Para ello tendremos en cuenta una secuencia de acciones tendentes a la búsqueda y el rescate o a la recuperación de las víctimas atrapadas en una estructura.

Estas acciones constan de 8 etapas:

- **3.3.1** Asegurar la Escena
- **3.3.2** Evaluación Inicial de la Operación
- **3.3.3** Búsqueda y Localización
- **3.3.4** Acceso al Paciente
- **3.3.5** Estabilización del Paciente
- **3.3.6** Extracción del Paciente
- **3.3.7** Desmovilización
- **3.3.8** Reunión Posterior al incidente (RPI)

3.3.1 ASEGURAR LA ESCENA

Aplicación de técnicas y acciones que garantizan la seguridad y protección en la escena, estableciendo el perímetro de seguridad, para evitar acciones y condiciones inseguras.

Desde la llegada del primer equipo de Bomberos al lugar del siniestro, su responsable solicitará a la Central el envío de los refuerzos necesarios, delimitará la "Zona de Intervención" y asumirá la Dirección Técnica de las operaciones que se realicen en su interior.



3.3.2 EVALUACIÓN INICIAL DE LA OPERACIÓN

En esta segunda etapa tendremos en cuenta cuatro fases que se desarrollan a continuación:

3.3.2.1 Recopilar la información

Conocer las condiciones del lugar, magnitud del incidente, tipo y uso de construcción, estimación del número de atrapados, condiciones atmosféricas, acciones ya tomadas por la comunidad, recursos necesarios, etc., ayudará a planificar los esfuerzos de búsqueda y concentrar los recursos en las áreas de mayor probabilidad de éxito.

La primera unidad en llegar al lugar interrogará a los vecinos, supervivientes, testigos, familiares, personal de vigilancia o mantenimiento... sobre el número posible de personas atrapadas y la ubicación probable de las mismas, tanto bajo los escombros como en las zonas del edificio que permanezcan en pie según fuera la situación donde pudieran encontrarse inmediatamente antes del hundimiento.

Cuanto más detallada sea la información disponible, más aproximado a la realidad será el juicio sobre el número y condiciones de las personas atrapadas.

Se designará a un equipo que recabará información sobre:



OCUPANTES HABITUALES DEL EDIFICIO SINIESTRADO

Este es un dato clave para hacernos una idea del número de personas que podrían encontrarse en el edificio en el momento del derrumbe.

Esta información se puede obtener a través de la autoridad municipal por medio del censo si fuera necesario

Se confeccionará una lista en la que se irán marcando todos los que vayan siendo localizados fuera del edificio o rescatados en el mismo.

- Posibilidad de ocupantes ocasionales atrapados.
- Posibilidad de transeúntes atrapados.
- Posibilidad de ocupantes incontrolados en el edificio.
- Comportamiento habitual de los habitantes
- Posible ubicación de las víctimas
- Numero de techos encima.

CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN

Tipo de construcción

Estructura de muros y techos, pilares y forjados (de madera, metálicos, de hormigón armado, losa armada, ...)

Entradas al edificio

Evaluaremos cuales son las mejores entradas al edificio. Para ello será necesario obtener información acerca de: plano de planta, pilares, escaleras, nº de plantas..., y recogerlo todo en un croquis del edificio

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS

Se determinarán los riesgos potenciales del edificio siniestrado para los rescatadores y para las personas sepultadas.

- Cargas que están soportando.
- Grietas, roturas.
- Materiales que apuntalan.
- ¿Condiciones de estabilidad?
- Riesgos de nuevos derrumbes o hundimientos.

Toda esta información debe ser compartida y coordinada con todos los servicios y unidades que participen en la operación.

3.3.2.2. Asumir el mando y establecer el Puesto de Mando en caso de no existir

Es imprescindible la ubicación del Puesto de Mando Avanzado desde donde se coordinarán tanto la información, inspección, evaluación y la organización de los trabajos de rescate.

Durante operaciones prolongadas o desastres mayores, esperaremos una cobertura extrema de los medios, incluyendo la prensa nacional e internacional. Por lo tanto estaremos preparados para comentarios y análisis de cada uno de nuestros movimientos. Es recomendable que este tipo de escrutinio sea manejado a través de una sola persona oficialmente designada como enlace de información pública, quien de manera planeada y objetiva proporcionará la información a los medios, evitando comprometer las operaciones de rescate.

3.3.2.3 Inspección

Se debe efectuar una cuidadosa inspección, de la manera como la estructura ha sufrido el colapso, para identificar y localizar las partes dañadas y en especial aquellas en donde, con la información anteriormente recabada, pudieran localizarse las personas atrapadas.

El plano de la edificación y/o croquis de la estructura colapsada puede ser de gran ayuda para localizar los espacios vitales aislados y para registrar sobre él, todos los detalles estructurales que vayan siendo obtenidos.

Una estructura puede poseer sitios más resistentes que otros, donde pudieran formarse espacios vitales. Algunos de estos sitios pueden estar localizados en:

- Sótanos.
- Huecos de ascensores.
- Baños.
- Pasillos interiores.
- Muros de hormigón.



Reconocimiento general de la zona

Comprobaremos el estado general de la zona afectada.



Vigilar la parte del edificio derrumbado que haya quedado en pie. Es muy posible que existan elementos sueltos en posición inestable que podrían caer sobre los equipos de rescate. En todos los casos conviene consolidar esos elementos o hacerlos caer antes de iniciar los trabajos de rescate y designar a uno o varios vigías que observen las partes altas y avisen cuando crean necesaria una retirada inmediata de la zona.

Incidencias con edificios colindantes

Controlar el estado de los edificios colindantes al derrumbado. En general y sobre todo en cascos urbanos antiguos, su estabilidad puede haber quedado afectada, por lo que se hará necesario determinar si es preciso organizar su evacuación y realizar trabajos urgentes de consolidación.

Instalaciones generales

Examinaremos las instalaciones generales de la zona afectada y comprobaremos el estado de las mismas para evaluar las posibles repercusiones que pudieran tener en el momento del rescate, fugas de agua, redes de saneamiento o de embalses de agua que pudieran afectar a los trabajos de rescate y a las personas atrapadas produciendo su ahogamiento. Identificar las redes de energía eléctrica aéreas y subterráneas que suministren a la zona afectada. Comprobar si hubiera instalaciones (tuberías, depósitos) o botellas de gas. Si se detectara olor a gas se desalojará la zona teniendo en cuenta la dirección del viento y, hasta controlar la fuga, sólo un equipo de Bomberos debidamente equipados podrá permanecer en el lugar.

Tipos de colapsos

- Oblicuo.
- En V.
- Total (colapso).
- Superposición de planos.
- Espacio relleno.
- Local impactado.
- Local bloqueado por los escombros.
- Nido de golondrina o Suspendido.
- Escombros en los bordes.

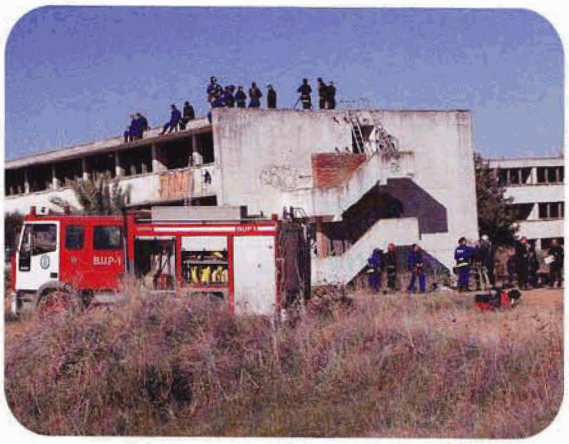


3.3.2.4. Establecer un Plan de Acción

Como es de suponer, inmediatamente después de un colapso, los escombros de la construcción forman una estructura sumamente inestable y propensa a movimientos adicionales. Los Rescatistas deben inspeccionar las estructuras y las configuraciones de colapso ANTES de entrar en una pila de escombros arriesgando su propia seguridad y la de posibles supervivientes. Deberán instalarse sistemas de apuntalamiento antes de intentar cualquier rescate.

3.3.3 BÚSQUEDA Y LOCALIZACIÓN

Aplicación de técnicas tendentes a obtener respuestas o indicios de la existencia de víctimas con vida en algún espacio vital de la estructura colapsada, por medio de perros, geófonos, cámaras de visualización, etc.



3.3.4 ACCESO AL PACIENTE

Procedimientos desarrollados con el fin de abrir, romper o penetrar utilizando técnicas apropiadas, estableciendo una vía segura, hacia el punto donde fue localizado el paciente.



La asignación de tareas tiene que realizarse de manera organizada y tendremos en cuenta el siguiente orden:

3.3.4.1 Evacuación de las víctimas de superficie

Son las que primero se rescatan pues entrañan menor dificultad.

Históricamente hasta un 50% de las víctimas de un colapso estructural han sido rescatadas cerca de las superficies de escombros en los primeros intentos de búsqueda. Nos concentraremos en aquellas áreas que son las localizaciones conocidas de gente que se encontraba en el interior cuando el desastre ocurrió.



3.3.4.2 Búsqueda en las zonas menos dañadas

Tras las víctimas de superficie proseguiremos por las que se encuentren en las zonas menos dañadas y que no requieran de técnicas especiales para su rescate.

Continuaremos removiendo escombros, buscando en cada nuevo "hueco vital" descubierto o acceso al mismo, tan pronto sea accesible al equipo de rescate. Hay

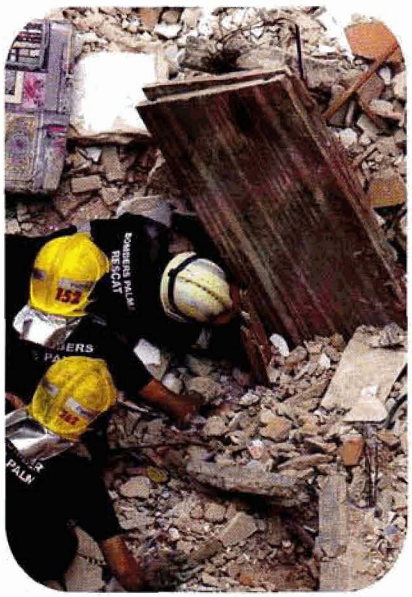


que considerar que las acciones de rescate NO TERMINAN hasta que todo esfuerzo razonable haya sido efectuado y, por lo tanto, tenemos que tener presente que las operaciones pueden continuar durante DIAS... especialmente cuando varios edificios han sido afectados. Muchos supervivientes han sido rescatados después de varias horas e incluso días después de haber ocurrido el desastre. Planificaremos los recursos y la logística necesaria para que el trabajo continúe durante varios días.

3.3.4.3 Retirada selectiva de los escombros. Desescombro

La retirada de los escombros debe ser metódica y progresiva, se empieza por quitar las piezas más grandes (madera, piedra, muebles), que se encuentren sueltas.

Abrir un camino entre los escombros, profundizando lo necesario y con un ancho preciso para circular por él. El avance de los trabajos quedará determinado, principal-



mente, por el tipo de escombro.

Al mover piezas grandes, tener mucho cuidado con los amarres que estas piezas puedan tener con otras partes de la estructura, soportando o sirviendo de anclaje.

En estructuras colapsadas los cortes y acciones de penetración que se efectúen, deberán ser con herramientas pequeñas para no causar daños o movimientos tipo réplica por vibración a causa de equipos grandes.

No deben de moverse escombros que tengan presión, ya que podrían estar sirviendo como base a escombros superiores y al retirarlos puede crearse un ambiente inestable, igualmente no deben cortarse columnas.

Cuando una víctima sea localizada, ya sea viva o muerta, nos aseguraremos de no generar ningún desplazamiento accidental de escombros que pudieran estar soportando estructuras vitales inestables. Los rescatadores deberán utilizar sus manos y pequeñas herramientas para remover los materiales que rodean a la víctima. Las posibles lesiones y estado de salud de la víctima pueden dictar la velocidad con la que se efectúa el rescate. Sin embargo es preferible tratar de estabilizar a la víctima primero y tomar las consideraciones necesarias de seguridad, antes que efectuar una extracción apresurada con riesgos.

3.3.4.3.1 Técnicas de rescate

El proceso de aproximación a una víctima que se encuentre atrapada en un espacio vital aislado, requiere de la aplicación y desarrollo del conjunto de estrategias, habilidades y destrezas que puedan poner en práctica los rescatistas.

El primer paso está orientado a establecer la estrategia que será aplicada (selección de la mejor manera de llegar a la víctima). Luego hay que decidir que técnica se utilizará para abrirse camino y llegar hasta ella. El siguiente paso sería garantizar una salida expedita para los rescatadores que estén trabajando en la penetración y por último, asegurar los espacios por donde avanzar hacia el punto donde esté la víctima.

No todas las víctimas son alcanzadas a través de túneles. Se puede tener acceso a un atrapado, sin necesidad de túneles o galerías apuntaladas. Para esto es necesario analizar si algún otro procedimiento puede ser utilizado para acceder a las personas atrapadas entre los escombros.

En las estrategias a utilizar, encontramos básicamente dos:

1. Penetración Vertical con sus dos variantes POZO Y CHIMENEA (desde arriba o desde abajo)
2. Penetración Horizontal BUTRÓN Y GALERÍA, ambas, pueden hacerse desde la calle, desde una trinchera o habiendo penetrado en la estructura.



POZO

Agujero practicado verticalmente en la solera para acceder a plantas inferiores. Nos podemos encontrar soleras de hormigón armado (losa armada) y soleras compuestas por viguetas de hormigón, bloques y vigas de carga.



Inicialmente realizaremos un pequeño agujero con una broca para poder introducir una cámara. Este agujero nos servirá para comprobar el lugar exacto en el que se encuentre la persona atrapada, pudiendo establecer contacto visual, y así decidir el lugar más apropiado para realizar el agujero de penetración y rescate.

Intentaremos en la medida de lo posible, no realizar el agujero encima de la víctima con el fin de evitar la caída de cascotes y polvo sobre ella, empeorando así sus condiciones.

Una vez consigamos abrir un hueco lo suficientemente grande como para que pueda pasar la víctima con todo lo necesario para su elevación, (camilla, sistemas de inmovilización, oxigeno, suero, etc.), descenderemos hasta ella y realizaremos un apuntalamiento de seguridad, para evitar que una vez dentro la solera pueda venirse abajo y empeorar en gran medida la situación.



Evitaremos hacer un agujero excesivamente grande, cuanto más grande sea más debilitada estará la estructura. Por tanto lo haremos de las dimensiones suficientes para poder realizar el rescate, pero no más.

Una vez asegurado el lugar y si las dimensiones lo permiten, un equipo de sanitarios debería descender con el fin de prestar la mejor asistencia médica posible a la víctima antes de su extracción.

Hay que prestar especial atención con los aceros tensados a la hora de cortarlos. Pueden desplazarse y causar graves lesiones a los rescatadores.

CHIMENEA

Consiste en realizar un agujero en el techo para acceder a plantas superiores. Nos podemos encontrar soleras de hormigón armado (losa armada) y soleras compuestas por viguetas de hormigón, bloques y vigas de carga.

Inicialmente realizaremos un apuntalamiento de seguridad, para evitar que durante las labores de rescate el techo pueda caer sobre los rescatadores y empeorar en gran medida la situación.



Al igual que en la técnica de rescate por POZO realizaremos un pequeño agujero con una broca para poder introducir una cámara, previo a la realización del agujero de penetración y rescate para comprobar el lugar exacto en el que se encuentre la persona atrapada, pudiendo establecer contacto visual, y así decidir el lugar más apropiado para realizar el agujero de penetración y rescate.

Una vez consigamos abrir un hueco lo suficientemente grande como para que pueda pasar la víctima con todo lo necesario para su rescate, (camilla, sistemas de inmovilización, oxigeno, suero, etc.), ascenderemos hasta ella.

Evitaremos hacer un agujero excesivamente grande, para debilitar lo menos posible la estructura.

Una vez asegurado el lugar y si las dimensiones lo permiten, un equipo de sanitarios debería ascender con el fin de prestar la mejor asistencia médica posible a la víctima antes de su extracción.

Es un trabajo muy laborioso y entraña gran dificultad obligándonos a hacer constantes relevos, debido a que el escombro y el polvo caen constantemente encima de los rescatadores.

Hay que prestar especial atención con los aceros tensados a la hora de cortarlos. Pueden desplazarse y causar graves lesiones a los rescatadores.



BUTRÓN

Consiste en hacer un agujero horizontal en muro para poder acceder al otro lado. Nos podemos encontrar muros de piedra, de ladrillo y de hormigón armado.

Al igual que en la técnica de rescate por CHIMENEA inicialmente realizaremos un apuntalamiento y afianzamiento de seguridad, para evitar que durante las labores de rescate el muro pueda venirse abajo, caer sobre los rescatadores y empeorar en gran medida la situación.

Al igual que en las técnicas de rescate anteriores, realizaremos un pequeño agujero con una broca para poder introducir una cámara, previo a la realización del agujero de penetración y rescate para comprobar el lugar exacto en el que se encuentre la persona atrapada, pudiendo establecer contacto visual, y así decidir el lugar más apropiado para realizar el agujero de penetración y rescate.

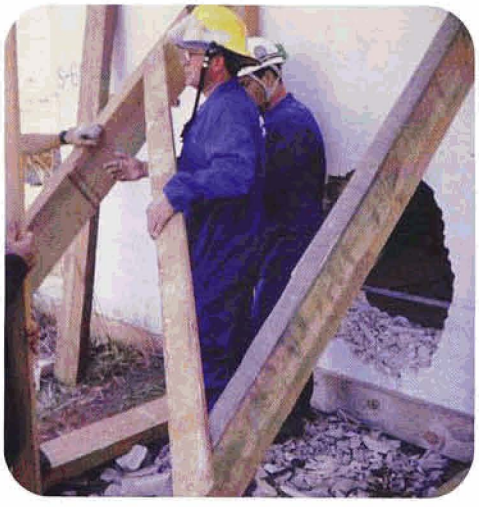
Intentaremos en la medida de lo posible, no realizar el agujero encima de la víctima con el fin de evitar la caída de cascotes y polvo sobre ella, empeorando así sus condiciones.

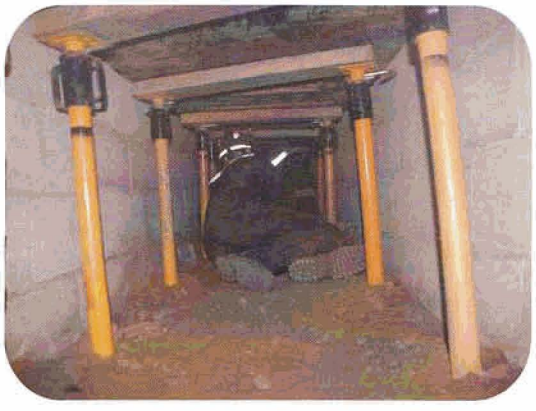
Una vez consigamos abrir un hueco lo suficientemente grande como para que pueda pasar la víctima con todo lo necesario para su rescate, (camilla, sistemas de inmovilización, oxígeno, suero, etc.), accederemos hasta la víctima al otro lado del muro.

Evitaremos hacer un agujero excesivamente grande, para debilitar lo menos posible la estructura.

Una vez asegurado el lugar y si las dimensiones lo permiten, un equipo de sanitarios debería acceder hasta la víctima con el fin de prestar la mejor asistencia médica posible a la víctima antes de su extracción.

Al igual que en los casos anteriores, prestaremos especial atención con los aceros tensados a la hora de cortarlos. Pueden desplazarse y causar graves lesiones a los rescatadores.







GALERÍA

Consiste en avanzar horizontalmente entre los huecos que quedan tras el derrumbe de un edificio. Nos podemos encontrar a la hora de avanzar material disgregado (escombro), material compacto (hormigón armado) y material relativo al mobiliario de la edificación.

A la hora de avanzar realizaremos apuntalamientos para afianzar y asegurar la estructura por medio de puntales, rompiendo y sacando el material que sea necesario haciendo hueco hasta que consigamos acceder a la víctima.

Hay que tener en cuenta que la separación de los puntales nos permita el acceso de los rescatadores y el paso de camillas para realizar el rescate.

La separación entre puntales no debería exceder de 1 m.

Una vez consigamos acceder hasta la víctima, con un hueco lo suficientemente grande como para que pueda pasar la víctima y los rescatadores con todo lo necesario para su rescate, (camilla, sistemas de inmovilización, oxígeno, suero, etc.), y asegurar la escena, y si las dimensiones lo permiten, un equipo de sanitarios debería acceder hasta la víctima con el fin de prestar la mejor asistencia médica posible a la víctima antes de su extracción.

Al igual que en los casos anteriores, prestaremos especial atención con los aceros tensados a la hora de cortarlos. Pueden desplazarse y causar graves lesiones a los rescatadores.

3.3.4.4 Retirada general de los escombros

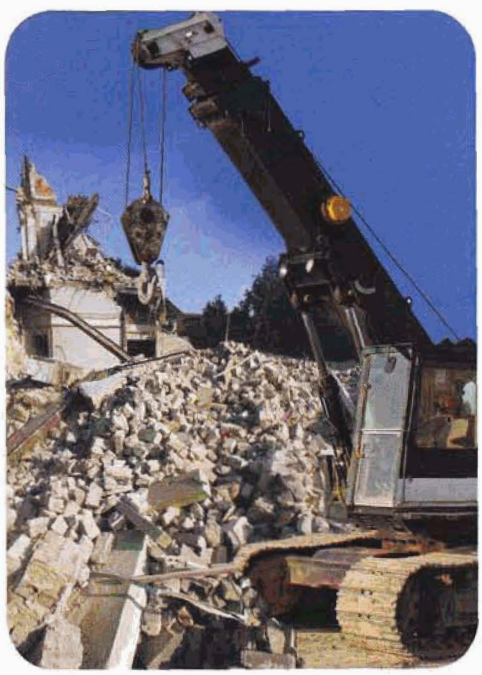
Tras utilizar las técnicas de rescate selectivas, se procederá a la utilización de maquinaria pesada y grúas para la retirada general de escombros.

Levantamiento de pesos

La mejor forma de retirar escombros con posibles víctimas involucra el cuidadoso levantamiento vertical de estructuras mientras que se aplican técnicas de apuntalamiento similares a las realizadas en rescates de trinchera.

Debido a que por la magnitud de los pesos y equipamiento necesario para realizar las maniobras de rescate se utilizan diferentes tipos de grúas y sistemas mecanizados de tracción, es altamente recomendable que el personal rescatista tenga conocimientos previos sobre el manejo y uso de equipos y vehículos de construcción.

El levantamiento vertical de escombros deberá hacerse de forma planificada, ya que la mayoría de las víctimas y supervivientes en este tipo de desastres son encontradas en espacios confinados creados cuando los materiales ceden ante su propio peso, creando configuraciones estructurales de formas diversas, que proporcionan espacios vitales en donde pueden encontrase supervivientes, pero que si son "desestabilizadas" al retirar cargas de equilibrio, generalmente se derrumban ocasionando muertes adicionales que podrían ser evitadas.





3.3.5 ESTABILIZACIÓN DEL PACIENTE

Acciones y procedimientos de soporte básico o avanzado de vida, que se le aplican al paciente en el lugar, con el fin de garantizar su supervivencia mientras dure su liberación y posterior entrega a un servicio médico especializado.

3.3.6 EXTRACCIÓN DEL PACIENTE

Procedimientos y técnicas aplicadas a un paciente a fin de garantizar su integridad física y de trasladarlo con seguridad, desde el espacio vital donde había quedado



atrapado hasta un punto de atención fuera de la estructura colapsada, desde donde será trasladado a un centro de atención médica definitiva.

Todo este esquema, de fases, etapas y pasos, busca tener un procedimiento ordenado para el manejo de las actividades asignadas al grupo de rescate.

3.3.7 DESMOVILIZACIÓN

Esta fase se inicia cuando se han cumplido los objetivos asignados, por razones de relevo o por razones de seguridad y termina cuando se retorna a su base o sede de origen y quedan reabastecidos para una nueva misión. Durante esta fase se requiere tanta habilidad, destreza, esfuerzo y ánimo, como se requiere en la activación debido al cansancio o a la alegría de haber cumplido con el o los objetivos asignados.

3.3.8 REUNIÓN POSTERIOR AL INCIDENTE (RPI)

La Reunión Posterior al Incidente (RPI), busca intercambiar opiniones, analizar los hechos con el fin de capitalizar las experiencias individuales y grupales de quienes atendieron el incidente y la elaboración del informe final del incidente. Esta reunión es fundamental para el aprendizaje y mejora de la operatividad del grupo.



3.4 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD

Hay ciertos aspectos relativos a la seguridad que los rescatadores tenemos que tener presentes para desempeñar las labores de rescate con plenas garantías.

Nos debemos preparar para las implicaciones emocionales y psicológicas del incidente tanto para los Rescatistas, como para las víctimas y sus familiares. Se recomienda que profesionales de atención psicológica estén disponibles cerca del área de operaciones (zona fría), ya que la tensión mental prolongada, el descubrimiento de restos desfigurados, los olores penetrantes y las imágenes de desastre pueden afectar aun a los más duros rescatistas profesionales.

Aunque la mayoría de los rescatadores insistirán en continuar con su trabajo por muchas horas, está demostrado que se pierde gran parte de las capacidades y efectividad después de las primeras 18 a 24 horas. Nos aseguraremos de que todos los rescatadores coman y descansen a intervalos frecuentes en la medida que las circunstancias lo permitan. Hay que permitir que unidades de trabajo frescas continúen las operaciones de una manera planificada, y evitaremos tener más personal en el sitio del que pueda de manera efectiva hacer el trabajo al mismo tiempo.

Los incidentes que incluyen operaciones de búsqueda y rescate en estructuras colapsadas (BREC), aún más que cualquiera de los otros tipos de incidentes, representan amenazas significativas para los rescatadores así como para los individuos que intentan rescatar. Por lo tanto, es importante que el Responsable del Incidente (RI) haga un seguimiento de los aspectos de seguridad en la escena y que verifique que se están utilizando procedimientos seguros en todo momento.

Algunas de las amenazas que pueden afrontar los rescatadores en una operación de BREC son:

- Réplicas de terremotos.
- Aire y aguas contaminadas.
- Estructuras inestables.
- Excesivo ruido, polvo, humo y o fuego.
- Trabajo en área confinada.
- Escenario de trabajo muchas veces desconocido.
- Condiciones meteorológicas adversas.
- Levantamiento de pesos, excesiva fatiga y agotamiento.

- Vandalismo, robo y saqueo.
- Herramientas y equipos de operación riesgosa.

Tomando en cuenta todas estas amenazas a las que están expuestos los miembros del equipo de rescate, podemos afirmar que si la seguridad se viola, las consecuencias pueden ser muy serias.

El mando presente en el incidente debe recordar siempre, que la seguridad de los rescatistas, es un objetivo primario en todas las fases de cada situación táctica. Las amenazas que acompañan a una estructura colapsada, son parte de las razones por las cuales, este tipo de evento debe ser atendido por personas cualificadas.

Esta preocupación por la seguridad debe saturar cada nivel de la estructura. El enfoque adecuado para la seguridad comienza a funcionar idóneamente cuando cada integrante del proceso reconoce sus responsabilidades, en cuanto a su propia seguridad y a la de sus compañeros. Esto es más efectivo cuando los líderes en el proceso demuestran una actitud firme y conveniente hacia la seguridad en todo momento. Cuando estos actores, toman la seguridad seriamente, todos los demás también lo harán.

Es importante que en cualquier situación se evalúen las condiciones potenciales de peligro que pudieran concurrir en forma separada o simultáneamente, ya que estas pueden tener consecuencias para la vida del personal del grupo de rescate o de los pacientes.

En las operaciones de BREC, para la obtención de unas condiciones seguras se debe operar bajo un formato estructurado, donde se eliminen las sorpresas y donde todos los integrantes, tengan conocimiento de qué es lo que está sucediendo, quién debe intervenir y cómo debe hacerlo. Esto reduce la confusión e incrementa la seguridad ya que todos actúan bajo el mismo esquema de juego.

Es sabido, que las situaciones donde nadie tiene un plan y todos están en la acción, son absolutamente peligrosas.

3.5 CONDICIONES Y ACCIONES INSEGURAS

Nos referimos a cualquier situación que por sí sola amenaza la seguridad de una operación BREC (en el lugar donde se esta trabajando)

- Una pared que comienza a inclinarse.
- Estructuras por encima que dan señales de colapso inminente.
- Condiciones ambientales: vientos fuertes, lluvia, relámpagos (superficies resbaladizas y vientos fuertes



pueden poner a los rescatistas en situaciones que dificultan la operación de equipos y llevar a cabo el rescate.

- Instalaciones eléctricas defectuosas o con cables descubiertos.

Además de reconocer condiciones inseguras, el mando presente también estará atento a las acciones inseguras que cometan los rescatistas (acto ejecutado durante una operación BREC violando normas de seguridad).

Por ello priorizaremos:

- Usar los equipos de protección personal
- Trabajar en grupos
- Uso correcto de las herramientas y equipos
- Tomar los descansos apropiados
- Mantenerse bien hidratados
- Conocer la ubicación de las zonas seguras

Ahora bien, aunque todo el personal de rescate realice correctamente su trabajo, el uso de herramientas y equipos, así como los ambientes en los cuáles se desenvuelve una operación BREC, implican que todo el personal se encuentra en permanente situación de riesgo.

3.6 VÍAS DE ESCAPE

La vía de escape es una ruta preestablecida para llegar a una zona segura de refugio. La forma más segura de salir del área de trabajo no siempre es la forma más directa. Por ejemplo, después de un derrumbamiento, columnas estructurales pueden seguir de pie pero muy predispuestas a un colapso.

La vía de escape que permita una amplia distancia de la columna sería la mejor.

Otra opción es permanecer inmóvil. Si la zona de trabajo ya ha sido reforzada con apuntalamiento y si se corre mucho riesgo al intentar evacuar la zona, es mejor permanecer en el sitio.

También se podrían posicionar varios colchones debajo de la ventana del primer piso para preparar una salida rápida.

Las condiciones de rescate suelen ser dinámicas, en constante cambio. Esto puede ocurrir por fuerzas externas o por las acciones mismas de los rescatistas. El plan de escape debe ser actualizado constantemente para reflejar los cambios en las condiciones.

3.7 ZONAS SEGURAS

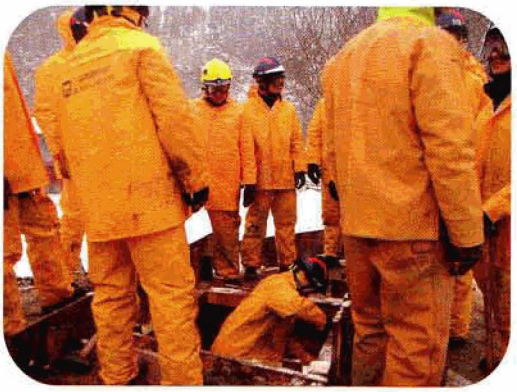
Las zonas seguras son áreas preestablecidas de refugio, libres de peligros. Éstas pueden ser áreas designadas fuera o incluso dentro de la zona de trabajo. En este último caso, los rescatadores podrían tener que construir la zona segura alrededor de ellos mismos y las víctimas.

Las zonas seguras fuera de la zona de trabajo nos servirán para hacer un recuento del personal. Este recuento se debe comunicar al próximo en la cadena de mando en cada uno de los relevos pues es un dato clave en caso de emergencia.

3.8 CLIMATOLOGÍA ACTUAL Y PREVISTA A CORTO PLAZO

Hay que considerar la situación climatológica (lluvia, nieve, viento, temperatura, niebla,...) en cuanto pueda afectar a los trabajos de rescate y a la situación de los atrapados supervivientes.

Al trasladar la información necesaria a las centrales de los servicios actuantes, es importante incluir esos datos y, ante la previsión de una larga duración del rescate, solicitar que pidan las previsiones meteorológicas.



3.9 PERSONAL DE RESCATE

El responsable de los Bomberos determinará el número adecuado de personas que pueden trabajar a la vez en la Zona de Intervención teniendo en cuenta la necesidad de compatibilizar la seguridad de los que intervienen con la máxima eficacia y rapidez en los rescates. Es evidente que si intervienen menos personas de las precisas no se podrá conseguir ni esa eficacia ni esa rapidez, pero tampoco se conseguirán si son demasiados porque se estorbarán y se pondrán en peligro unos a otros. En consecuencia, las Fuerzas de Seguridad deberán retirar de la Zona de Intervención a todas las personas que no estén autorizadas por el responsable de la intervención.

Las operaciones de rescate en hundimientos, son agotadoras y prolongadas debido a su gran dificultad y a la situación psicológica que provoca el escenario del siniestro y la incertidumbre sobre la situación de las víctimas. Por ello, es fundamental que el Mando de la intervención organice un plan de frecuentes relevos que deberán ser obligatorios, ya que el cansancio, aunque el afectado no se suele dar cuenta de ello, disminuye la eficacia y multiplica el peligro del que lo sufre.

No se admitirá el acceso a la Zona de Intervención de ninguna persona que no disponga de un equipo de protección personal adecuado (casco, guantes, calzado y ropa de trabajo,...).

El responsable del Puesto de Mando, junto a los mandos de todo el personal interviniente (Bomberos, Sani-

tarios, Fuerzas de seguridad, Voluntarios de Protección Civil y otros colaboradores), organizarán las tareas a realizar y les asignarán una misión concreta a cada uno. Nadie deberá "ir por libre" dentro de la Zona de Intervención ya que sería un peligro para los demás.

Todo el personal que intervenga en los trabajos de rescate debe permanecer atento a los sonidos que pudieran emitir personas enterradas vivas bajo los escombros y a todo tipo de ruidos, crujidos, desprendimientos, movimiento de grietas y cualquier otra circunstancia que pueda indicar un riesgo inminente de nuevos derrumbamientos o caída de materiales. A este efecto se mantendrá un silencio absoluto en la zona de trabajo y en el entorno.

Es muy importante designar un número adecuado de vigías que deben permanecer constantemente atentos a cualquier señal que anuncie un nuevo derrumbamiento (a fin de dar la señal para que todos abandonen rápidamente la zona) y para controlar en todo momento dónde se encuentra cada participante en las operaciones. Estos vigías nunca deben distraerse de su función ni siquiera para colaborar en un rescate.

3.10 ASISTENCIA SANITARIA Y ZONA DE SOCORRO

El personal médico y sanitario que acuda al siniestro delimitará una "Zona de Socorro" a la que se trasladarán las personas que sean rescatadas para recibir los primeros auxilios antes de su traslado a centros hospitalarios. En el mismo lugar, las Fuerzas de Seguridad procederán a efectuar las identificaciones que procedan.

En general, cuando se consiga abrir el acceso hasta una persona atrapada, será conveniente que reciba asistencia médica inmediata antes de empezar a mover los elementos que le aprisionan. El personal médico y sanitario debe quedar para ello incorporados a los equipos de rescate y estar dotados de los medios de protección personal (casco, calzado,....) necesarios para su propia seguridad.

Una vez rescatada cada víctima, será trasladada en camilla hasta la Zona de Socorro.

Si el traslado ha de hacerse por encima de los escombros con peligro de deslizamientos, podrá ser necesario formar una cadena humana para pasar la camilla de persona a persona o utilizar escaleras de mano o tablones para formar pasarelas.

En la Zona de Socorro se atenderá a las víctimas antes de disponer su traslado en ambulancia al centro hospitalario.

3.11 ZONA DE APOYO EN EL ENTORNO

Para evitar riesgos y para facilitar la eficacia de los trabajos de rescate, será preciso acordonar las Zonas de Intervención y de Socorro y desalojar de ellas y de su entorno inmediato a todas las personas que sean ajenas a la intervención y que puedan correr algún riesgo como consecuencia de la misma. Esta misión corresponde a las Fuerzas de Seguridad.

A las Fuerzas de Seguridad presentes les corresponde, igualmente, delimitar una "Zona de Apoyo" donde se concentrarán los recursos movilizados antes de que el responsable de la intervención les autorice a entrar en la Zona de Intervención. Igualmente, mantendrá expeditas, al menos, una vía de llegada y otra de salida para los servicios que acudan al área siniestrada.

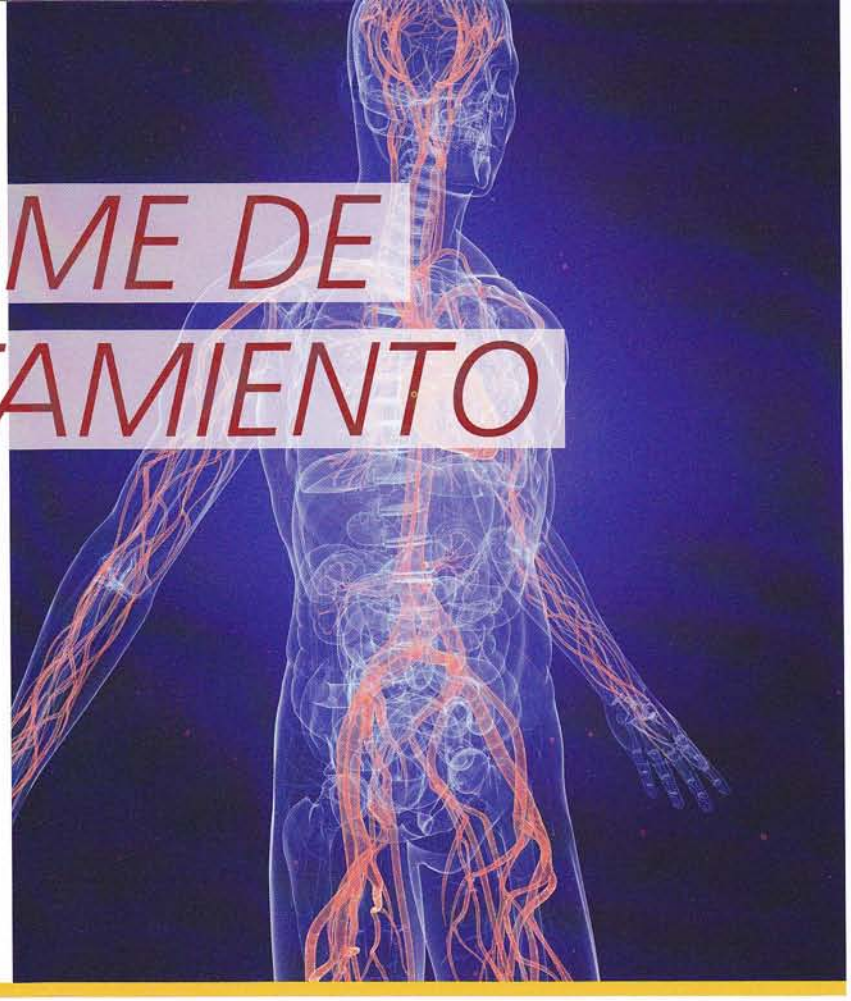
Las actuaciones en materia de seguridad ciudadana se dirigirán, especialmente a proteger las operaciones de rescate frente a los inevitables "espontáneos" incontrolados que estorban y ponen en peligro a ellos mismos y a los demás y a impedir saqueos y robos en la zona siniestrada y en sus alrededores.

4 SÍNDROME DE APLASTAMIENTO

4.1 CONCEPTO

4.2 ACTUACIÓN ANTE UN APLASTAMIENTO

SÍNDROME DE APLASTAMIENTO



4.1 CONCEPTO

Es un cuadro de **SHOCK** que se produce por la **descompresión precipitada** de grandes masas musculares que han permanecido aplastadas durante un periodo de tiempo prolongado (más de 1,5 horas).

El aplastamiento prolongado de zonas del organismo donde existen importantes masas musculares (principalmente en las extremidades inferiores), ocasiona la interrupción del flujo sanguíneo en esa zona, junto con el secuestro de volumen de sangre que se encontraba en ella. (SHOCK).

La falta de aporte de oxígeno ocasiona destrucción celular (NECROSIS MUSCULAR). Las sustancias que se liberan tras la destrucción son tóxicas para el riñón, causando lesiones al incorporarse de nuevo al torrente sanguíneo (INSUFICIENCIA RENAL).



Descripción del cuadro:

- El proceso se inicia al retirar lo que aprisionaba las extremidades, el miembro o miembros aplastados aparecen lívidos, fríos, insensibles, tumefactos y muy duros.
- A las pocas horas, el accidentado va entrando en Shock.
- En 2-4 días se va instaurando una insuficiencia renal. Comienza con escasez de orina y enrojecimiento de la misma, hasta desembocar en ANURIA COMPLETA o "Anuria de los traumatizados" (ausencia de orina en la vejiga).

4.2 ACTUACIÓN ANTE UN APLASTAMIENTO

4.2.1 ANTES DE LA EXTRACCIÓN DE LA PERSONA ATRAPADA

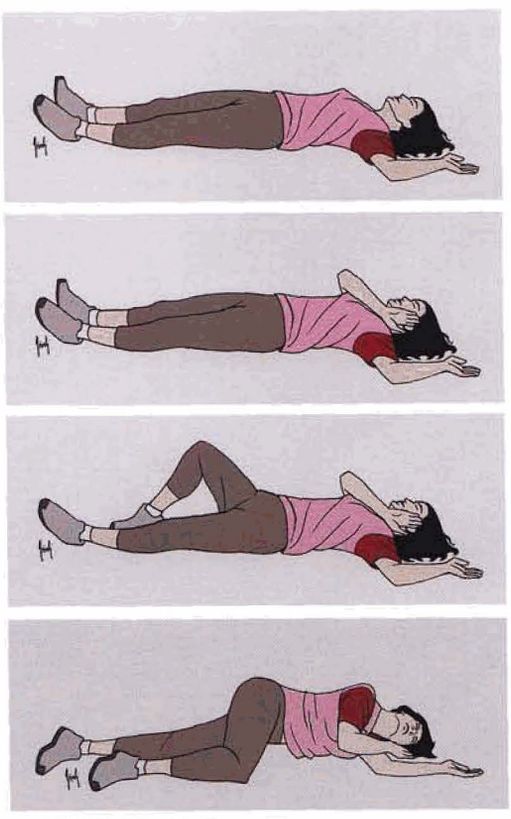
Colocar un garrote o torniquete, más arriba de la región comprimida, para:

- Impedir la liberación brutal a la sangre de las sustancias tóxicas liberadas por los músculos.
- Prevenir una grave hemorragia arterial.

Esto solo es necesario si han transcurrido más de 1,5 h. desde el accidente. Si el accidente es rápidamente asistido, solo hace falta atender las lesiones directas originadas.

4.2.2 DESPUÉS DE LA EXTRACCIÓN DE LA PERSONA ATRAPADA

- Tratar al lesionado como un chocado muy grave.
  - Colocarlo en posición anti- shock (posición lateral de seguridad).
  - Si se dispone de pantalones anti-shock, colocarlos.
- No calentar los miembros que han estado comprimidos.
- En caso de evacuación tardía, si la víctima está consciente, se le puede dar de beber una solución de Bicarbonato Sódico (4 cucharaditas por litro de agua), pero es un inconveniente para anestesiarlo. El agua bicarbonatada sirve para alcalinizar la orina e impedir que los productos tóxicos, originados en los músculos, precipiten.
- Evacuarlo lo más rápidamente posible



Posición anti-shock.



M.A.S.T.
Medical Anti Shock Trousers.
(Pantalones anti-shock)

CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN

Tipo de construcción

Estructura de muros y techos, pilares y forjados (de madera, metálicos, de hormigón armado, losa armada, ...)

Entradas al edificio

Evaluaremos cuales son las mejores entradas al edificio. Para ello será necesario obtener información acerca de: plano de planta, pilares, escaleras, nº de plantas..., y recogerlo todo en un croquis del edificio

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS

Se determinarán los riesgos potenciales del edificio siniestrado para los rescatadores y para las personas sepultadas.

- Cargas que están soportando.
- Grietas, roturas.
- Materiales que apuntalan.
- ¿Condiciones de estabilidad?
- Riesgos de nuevos derrumbes o hundimientos.

Toda esta información debe ser compartida y coordinada con todos los servicios y unidades que participen en la operación.

3.3.2.2. Asumir el mando y establecer el Puesto de Mando en caso de no existir

Es imprescindible la ubicación del Puesto de Mando Avanzado desde donde se coordinarán tanto la información, inspección, evaluación y la organización de los trabajos de rescate.

Durante operaciones prolongadas o desastres mayores, esperaremos una cobertura extrema de los medios, incluyendo la prensa nacional e internacional. Por lo tanto estaremos preparados para comentarios y análisis de cada uno de nuestros movimientos. Es recomendable que este tipo de escrutinio sea manejado a través de una sola persona oficialmente designada como enlace de información pública, quien de manera planeada y objetiva proporcionará la información a los medios, evitando comprometer las operaciones de rescate.

3.3.2.3 Inspección

Se debe efectuar una cuidadosa inspección, de la manera como la estructura ha sufrido el colapso, para identificar y localizar las partes dañadas y en especial aquellas en donde, con la información anteriormente recabada, pudieran localizarse las personas atrapadas.

El plano de la edificación y/o croquis de la estructura colapsada puede ser de gran ayuda para localizar los espacios vitales aislados y para registrar sobre él, todos los detalles estructurales que vayan siendo obtenidos.

Una estructura puede poseer sitios más resistentes que otros, donde pudieran formarse espacios vitales. Algunos de estos sitios pueden estar localizados en:

- Sótanos.
- Huecos de ascensores.
- Baños.
- Pasillos interiores.
- Muros de hormigón.

