

D I J O U S

A L ' A C E

54

Quaderns d'estructures

Editorial

*El buen comportamiento de la madera
frente al fuego*

*Restauració de la cúpula del pavelló
de Sant Rafael de l'Hospital de la Santa Creu
i Sant Pau de Barcelona*

*Consolidación de terreno mediante
inyecciones de resina expansiva en obras
de patrimonio*

Hablemos de sismos

Miscel·lània | Miscelánea

*Llista de membres de l'Associació
Listado de miembros de la Asociación*

ASSOCIACIÓ DE
CONSULTORS
D'ESTRUCTURES



Desembre 2015. Preu 9,00 €

Refuerzo de estructuras con fibra de carbono

PROPAM® CARBOCOMP



PROPAM® CARBOCOMP PLUS

es un sistema basado en el empleo de laminados **multidireccionales** de fibra de carbono (CFRP) de gran resistencia mecánica a la tracción que permiten su pegado y bulonado, para el refuerzo de estructuras de hormigón, acero y madera.



Nº 603/13

Nuestra familia de PROPAM® CARBOCOMP está certificado en el **Documento de Idoneidad técnica.**

+ DE **80** AÑOS

PROPAMSA

EXPERIENCIA Y TECNOLOGÍA

PROPAMSA S.A.U.
C/ Ciments Molins, s/n . Pol. Ind. Les Fallules
08620 Sant Vicenç dels Horts (Barcelona)
Tel. 93 680 60 40
www.propamsa.es

BETEC

BETON TECHNIK

Edita

Associació de Consultors d'Estructures (ACE)

Quaderns d'Estructures (Dijous a l'ACE)

Número 54

Desembre 2015

Preu de l'exemplar: 9,00 €

JUNTA DIRECTIVA

President

David Garcia i Carrera

Vicepresident

Josep Baquer i Sistach

Secretari

Antoni Blázquez i Boya

Tresorer

Xavier Mateu i Palau

Àrea Qualitat

Martí Cabestany Puértolas

Àrea Cultural

Xavier Mateu i Palau

Àrea Formació

Enric Heredia Campmany-Gaudet

Àrea Tècnica

Jorge Blasco Miguel

Àrea Professional

Oriol Palou Julián

Àrea Social

Miquel Rodríguez Niedenföhr

Administració

Mercedes Sierra Callejo

Equip de Redacció

Xavier Mateu i Palau

Publicitat

Ana Usea i Garí

Tel. 93 459 33 30

Col·laboradors d'aquest número

J. Baquer, J. Bernuz, J. Blasco, M. Fernández,

Oficina tècnica de Geosec, M. Rodríguez

Maquetació i producció

Baber

Núm. d'exemplars 750

Impressió: EGS. Rosari 2. Barcelona

Dipòsit legal: B. 28347-2000

La redacció de la revista no es fa responsable de les opinions, textos i imatges dels autors dels articles.



Redacció i Administració:

Jordi Girona 31, edifici TILlers

08034 Barcelona

tel. 93 401 18 88 / fax 93 401 56 72

e-mail: info@consultorsestructures.org

web: www.consultorsestructures.org

Horaris d'oficina:

dilluns a divendres (9 a 14 hores)

Sumari

Pàg. 2 **1** Editorial | *Editorial*
Miquel Rodríguez

Pàg. 4 **2** El buen comportamiento de la madera frente al fuego
Jorge Blasco Miguel

Pàg. 24 **3** Restauració de la cúpula del pavelló de Sant Rafael de l'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau de Barcelona
Manel Fernández i Jordi Bernuz

Pàg. 43 **4** Consolidación de terreno mediante inyecciones de resina expansiva en obras de patrimonio
Oficina tècnica de Geosec

Pàg. 49 **5** Hablemos de sismos
Josep Baquer

Pàg. 60 **6** Miscel·lània | *Miscelánea*

Pàg. 63 **7** Llista de membres de l'Associació | *Listado de Miembros de la Asociación*

1 Editorial

Miquel Rodríguez

S'acosta el final d'any i torna a ser temps de fer balanç de com ha anat tot plegat. Des que va començar la crisi cap a l'any 2008, quan arriba aquest moment sempre mirem amb els ulls entreoberts el balanç a veure si apareix una sorpresa i ens ha anat millor del que ja sabem.

Els últims anys hi havia sempre esperança que apareixes la sorpresa, però al obrir bé els ulls tornàvem a l'acte a la realitat (negra realitat).

Aquest any, però sembla que com a mínim s'igualarà l'activitat de l'any passat, fins i tot qui hagi tingut una mica de sort millor i tot. Ara tocaria agafar el paper de gurú i dir que la crisi ja ha acabat, que el país torna a anar bé, que els brots verds ja son alguna cosa més que brots, etc.

La veritat és que si aquesta crisi ens ha ensenyat alguna cosa, és que la incertesa s'ha apoderat de nosaltres en tots els aspectes. Val a dir que fer una predicció de si l'activitat econòmica augmentarà en els propers mesos es tant incert com saber les comandes que tindrem.

Ens haurem d'acostumar a viure amb aquesta incertesa, i viure més el dia a dia. I ens haurem d'acostumar, i quan abans millor, doncs sinó aquest neguit, de que farem en els mesos futurs, acabarà amb nosaltres.

Bé és cert que quan un no té feina el neguit el té sí o sí, però una cosa si que és certa i és que poc a poc es va reactivant el sector. Fins i tot Infraestructures (antiga GISA) està licitant projectes que es van redactar fa uns quants anys (i ja estaven a l'oblit) i estan sortint noves licitacions de projectes.

És el moment ara de posar-se les piles, i posar en pràctica tot allò que hem après en aquests

anys de crisi per a poder afrontar millor el futur. Entre tots haurem d'intentar recuperar una certa dignitat de l'ofici i recuperar el nivell d'honoraris, reduir els impagats, i perquè no, somiar i tenir més temps per fer els projectes. Tot plegat per aconseguir un equilibri i estabilitat en el nostre ritme de vida.

Un altre balanç (negre balanç) que ens estem acostumant a fer al final d'any són el nombre d'edificis que s'han ensorrat. Quantes vegades hem sentit que és impossible que es caigui res. Que ens cobrim, i que amb els coeficients de seguretat tot s'aguanta. Doncs no, tot i així hi ha edificis que es cauen. Casualment sempre cauen els edificis antics. Es aquí on cal incidir en el tema de les ITE's.

Ningú posa en dubte que un cotxe ha d'anar de tant en tant al mecànic, i fins i tot ja ens hem acostumat i veiem amb bons ulls passar la ITV. Perquè no passa el mateix amb els edificis? Hi estem a dins més temps que dins del cotxe i tenen una vida útil molt més llarga, però no els hi parem atenció.

Cal fer una reflexió al respecte i informar al nostre entorn de la importància del manteniment i les inspeccions tècniques. Però sobre tot les «INSPECCIONS TÈCNIQUES» amb majúscules que realment analitzin i diagnostiquin l'estat real de l'edifici i no només el seu aspecte.

Cal dir que amb l'ensorrament dels edificis degut al seu mal estat, o degut a reformes no controlades a vegades hi ha morts, amb la qual cosa ja no estem parlant només de danys materials. Veurem si el nou decret de les ITE's ajuda a mitigar aquest fenomen o cal demanar millorar el decret.

EDITORIAL

Miquel Rodríguez

Se acerca final de año y vuelve a ser el momento de hacer balance de cómo nos ha ido todo. Desde que empezó la crisis por el año 2008, cuando llega este momento siempre miramos con los ojos entreabiertos el balance a ver si nos da una sorpresa y nos ha ido mejor de lo que ya sabemos.

En los últimos años teníamos siempre la esperanza de que apareciese la sorpresa, pero al abrir bien los ojos volvíamos en el acto a la realidad (negra realidad).

Este año, parece que como mínimo se igualará la actividad del año pasado, incluso quien haya tenido un poco de suerte mejor y todo. Ahora tocaría coger el papel de gurú y decir que la crisis ya ha acabado, que el país vuelve a ir bien, que los brotes verdes ya es algo más que brotes, etc.

La verdad es que si esta crisis nos ha enseñado algo, es que la incertidumbre se ha apoderado de nosotros en todos los aspectos. Cabe decir que hacer una predicción de si la actividad económica aumentará en los próximos meses es tan incierto como conocer los encargos que tendremos.

Deberíamos acostumbrarnos a vivir más en esta incertidumbre, y vivir más el día a día. Y deberíamos acostumbrarnos lo antes posible, ya que sino esta inquietud, de qué haremos en los meses futuros, acabará con nosotros.

También es cierto que cuando uno no tiene trabajo la inquietud se tiene sí o sí, pero una cosa sí es cierta y es que poco a poco se va reactivando el sector. Incluso Infraestructures (antigua GISA) está licitando proyectos que se redactaron ya hace unos cuantos años (y ya estaban en el olvido) y están saliendo nuevas licitaciones de proyectos.

Es el momento ahora de ponerse las pilas, y poner en práctica todo aquello que hemos aprendido en estos años de crisis para poder afrontar mejor el futuro. Entre todos tendríamos que intentar recuperar una cierta dignidad del oficio y recuperar el nivel de honorarios, reducir los impagados, y por qué no, soñar y tener más tiempo para hacer los proyectos. Todo ello para conseguir un equilibrio y estabilidad en nuestro ritmo de vida.

Otro balance (negro balance) que nos estamos acostumbrando a hacer a final de año es el número de edificios que se han hundido. Cuántas veces hemos oído que es imposible que se caiga algo? Que nos cubrimos, y que con los coeficientes de seguridad todo se aguanta. Pues no, a pesar de eso, hay edificios que se caen. Casualmente siempre caen los edificios antiguos. Es aquí donde hace falta incidir, en el tema de las ITE's.

Nadie pone en duda que un coche ha de ir de vez en cuando al mecánico, e incluso ya nos hemos acostumbrado y vemos con buenos ojos el pasar la ITV. ¿Por qué no ocurre lo mismo con los edificios? Estamos dentro más tiempo que en los coches y tienen una vida útil mucho más larga, pero no les prestamos atención.

Hace falta hacer una reflexión al respecto e informar a nuestro entorno de la importancia del mantenimiento y las inspecciones técnicas. Pero, sobre todo, las «INSPECCIONES TÉCNICAS» con mayúsculas que realmente analicen y diagnostiquen el estado real del edificio no únicamente su aspecto.

Es necesario decir que con el hundimiento de los edificios debido al mal estado, o debido a reformas no controladas a veces hay muertes, con lo cual ya no estamos hablando solo de pérdidas materiales. Veremos si el nuevo decreto de las ITE's ayuda a mitigar este fenómeno o hace falta pedir mejorar el decreto.



Alsina
SOLUCIONS EN ENCOFRATS

/ Enginyeria
/ Seguretat
/ Experiència
/ Servei

Encofrados J. Alsina, S. A.
Camí de la Font Freda, 1
08110 - Montcada i Reixac
T: +34 935 753 000
E: alsinainfo@alsina.com
W: www.alsina.com



2 El buen comportamiento de la madera frente al fuego

Patología estructural

Jorge Blasco Miguel

CONSIDERACIONES PREVIAS: MADERA COMO MATERIAL

La creación del fuego mediante el rozamiento de dos palos y su uso como combustible para la cocina y calefacción han influido decisivamente en la desconfianza de la madera como elemento estructural (figs. 1 y 2).

Los sucesos históricos de grandes incendios en ciudades con edificios de madera aumentó esta desconfianza [Roma, año 64; Londres, 1666 —dio lugar a la primera normativa contra la madera para incorporar barreras entre edificios medianeros—, Trondheim (Noruega), 1717]. De hecho, y desgraciadamente por falta de información, cuando se recibe la



Figura 1.



Figura 2.



Figura 3. Roma, 64.



Figura 4. Londres, 1666.

noticia de un incendio, si se informa que se trataba de un edificio de madera, la gente lamenta que se siga usando (figs. 3 y 4).

A lo largo de la Revolución Industrial en el siglo XVIII y en EE.UU. en el siglo XIX, los incendios continuaron, pese a que se empezó a prohibir la construcción con estructuras de madera, sustituyéndola por mampostería, hormigón y acero.

Se formaron departamentos públicos contra incendios, se instalaron suministros públicos de agua y bocas de incendios y mejoras en los camiones y cuerpos de bomberos. El uso del acero y el hormigón en estructuras (no combustibles) se vio como la panacea contra el problema; craso error, que vinieron a demostrar otros grandes incendios, como los de Chicago 1871 y San Francisco 1906 (tras el terremoto),



Figura 5. Chicago, 1871.



Figura 6. San Francisco, 1906. Tras el terremoto.

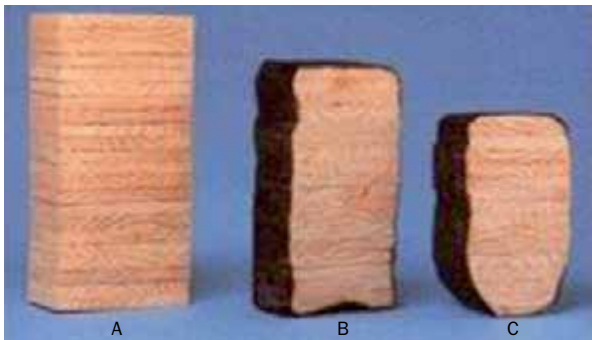


Figura 7. Efectos de la prueba de fuego de madera laminada encolada. a) Tamaño original. b) Sección de un elemento después de una media hora de la prueba de fuego. c) Una hora de la prueba de fuego.

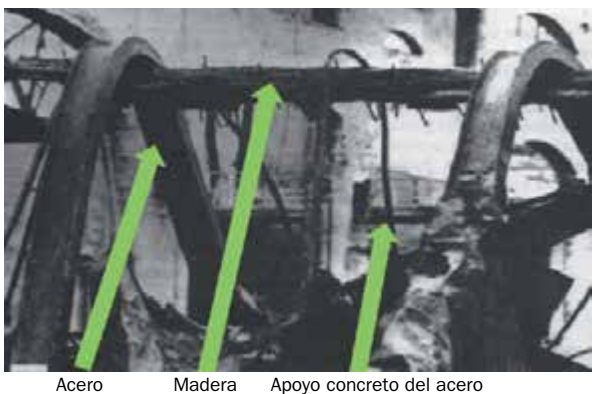


Figura 8. La imagen muestra que, cuando el hormigón ha desaparecido y el acero se ha derretido en el fuego, la madera todavía puede tener una carga grande... en un incendio, ¿de qué material le gustaría que su casa estuviera hecha?

que no tuvieron que ver con la madera y causaron los mismos estragos... (figs. 5 y 6).

El carácter combustible de un material no determina que su eliminación garantice que no se producirá un fuego.

En resumen, los edificios con estructuras de madera deben cumplir con la normativa y reglamentos de fuego igual que todos los otros tipos de construcción y, por lo tanto, no representan riesgo mayor para sus habitantes.

En primer lugar es preciso distinguir las formas bajo las que se presenta la madera, ya que en un edificio puede intervenir, tanto en los elementos constructivos como en los de mobiliario y decoración. En cada caso ofrece un grado de combustibilidad diferente, que además puede modificarse utilizando métodos de ignifugación. Por otra parte hay que considerar el riesgo de incendio.

En general el fuego se inicia pocas veces en los elementos constructivos; es más frecuente que empiece en los objetos contenidos por el edificio, tales como tapicerías, papeles, muebles, etc. No se resuelve nada, por tanto, suprimiendo un material combustible en la estructura de un edificio. Es necesario, en cambio, adoptar medidas preventivas que eviten el nacimiento del fuego e impidan su propagación, permitiendo una rápida extinción (figs. 7 y 8).

No es frecuente que se mencione, porque no es tan llamativo y exige algunas reflexiones, el que la madera difícilmente puede ser la causa, aunque sí el alimento del incendio; que después del mismo el edificio quedó en condiciones aceptables y que los bomberos pudieron actuar con seguridad ante la firmeza de sus estructuras, salvando posibles víctimas y enseres.

Hablemos de un hecho importante: Los ensayos de resistencias de muestras de madera se realizan a una humedad de 12%. Si se supone que a esa humedad le correspondería una resistencia de 1, los ensayos indican que al aumentar la humedad, la resistencia disminuye, pero al disminuir la humedad, la resistencia aumenta. En un incendio, la humedad del material disminuye (fig. 9).

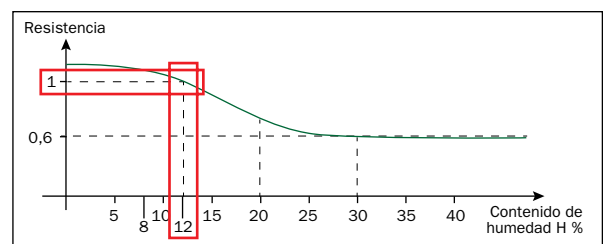


Figura 9. Relación entre el contenido de humedad y las propiedades mecánicas en la madera libre de defectos.

Sin la presencia de llama, la madera necesita una temperatura en la superficie superior a **400 °C** para comenzar a arder en un plazo de tiempo medio o corto. Incluso con la presencia de llama se necesita una temperatura en la superficie de unos **270-300 °C** durante un cierto tiempo antes de que se produzca la ignición. A pesar de que la madera sea un material inflamable a temperaturas relativamente bajas, en relación con las que se producen en un incendio, es más seguro de lo que la gente cree por las siguientes razones:

- Su baja conductividad térmica hace que la temperatura disminuya hacia el interior.
- La carbonización superficial que se produce impide por una parte la salida de gases y por otra la penetración del calor, por lo que frena el avance de la combustión.
- Y al ser despreciable su dilatación térmica no origina esfuerzos en la estructura ni empujes en los muros.

La madera es un material con gran capacidad de aislamiento térmico lo que supone una importante ventaja en caso de incendio. El coeficiente de conductividad térmica de las coníferas (pinos y abetos) en la dirección perpendicular varía, aproximadamente, de 0,09 a 0,12 kcal/mh °C (en las maderas muy ligeras se sitúa en 0,005 y en las pesadas puede llegar a 0,30). En el caso de los tableros de partículas, y dependiendo del espesor, puede variar de 0,08 a 0,15; y en los de fibras de densidad media de 0,06 a 0,72 (fig. 10).

La capa carbonizada es seis veces más aislante que la propia madera. De esta forma el interior de la pie-



Figura 10. Cerilla + madera = NO ARDE.

za se mantiene frío y con sus propiedades físicas y mecánicas inalteradas.

La pérdida de capacidad portante de la estructura se debe a una simple reducción de la sección, más que a una pérdida de resistencia del material.

La confianza en la madera de profesionales, como los bomberos, o de instituciones de renombre, nos deja frases como las siguientes:

- Estudio del caso del museo del Smithsonian. Washington D. C. (EE.UU.):

Este museo contiene ejemplares únicos e irremplazables y uno de los mayores peligros a los que están expuestos es el fuego. Tras varios estudios se llegó a la conclusión de que el material que reunía las mejores condiciones de seguridad y trabajabilidad era la madera tratada con ignífugos.

Fuente: La madera y su resistencia al fuego (AITIM).

- Neil Gibbins, jefe de bomberos de Devon y Somerset (Reino Unido):

La labor de rescate en un incendio no debe suponer un gran problema con el uso de madera en construcción. Sabemos cómo se va a comportar frente al fuego. Especificada para uso y una construcción apropiados, en las circunstancias adecuadas es un muy buen material de construcción.

Fuente: www.woodforgood.com

- Manifiesto de la industria de la madera (Reino Unido):

Las estadísticas anuales de incendios del Departamento de Comunidades y Gobierno Local muestran que solo uno de cada ocho incendios se produjo en un edificio con estructura de madera.

Fuente: www.woodforgood.com

VELOCIDAD DE CARBONIZACIÓN

La resistencia al fuego de un elemento constructivo se mide como el tiempo durante el que es capaz de seguir cumpliendo su función (resistencia, estanqueidad, aislamiento) en una situación de incendio. Para la madera en grandes escuadrías es fácil alcanzar tiempos elevados de resistencia y estabilidad al fuego. Existe una relación lineal entre la profundidad carbonizada y el tiempo transcurrido. Esta relación constante que se denomina velocidad de carbonización permite determinar cuál es la sección residual después de un tiempo determinado.



Figura 11.

La madera se autoprotege. La carbonización avanza en dirección perpendicular a las fibras y disminuye a medida que aumenta la capa carbonizada.

El aislamiento de esta capa carbonizada es seis veces mayor que el de la madera sin carbonizar. La resistencia mecánica de la zona carbonizada disminuye, pero el resto de la pieza sigue intacta (figs. 11 y 12).

La pérdida de capacidad portante de la madera se debe a la reducción de la sección.



Figura 12.

Factores desfavorables en el comportamiento a fuego:

- Alta relación superficie/volumen.
- Aristas vivas y secciones con partes estrechas.
- Maderas con fendas.
- Densidad baja de la madera (fig. 13).

El efecto del fuego sobre las aristas de la pieza produce un redondeo con un radio de curvatura que es

La solució a tots els problemes dels sostres

NOU BAU
El sistema de renovació de sostres

És l'única substitució funcional efectiva
Renova qualsevol tipus de sostre
Evita futures esquerdes
No abaixa el sostre
El millor suport tècnic
Fàcil muntatge
D'acer inoxidable
Màxima seguretat i garantia
Excel·lent relació qualitat-preu

REFORÇANT 20 ANYS SOSTRES

Nº 271 R/11 Nº3 / 09-593
Distribuidor oficial de: Soci protector

Connectors per a forjats mixtes

Muntadors certificats amb la marca APTO per ITEC

CTE CTE02 TÈCNIC DE L'EDIFICACIÓ

APT0

Tel. 93 796 41 22 – www.noubau.com

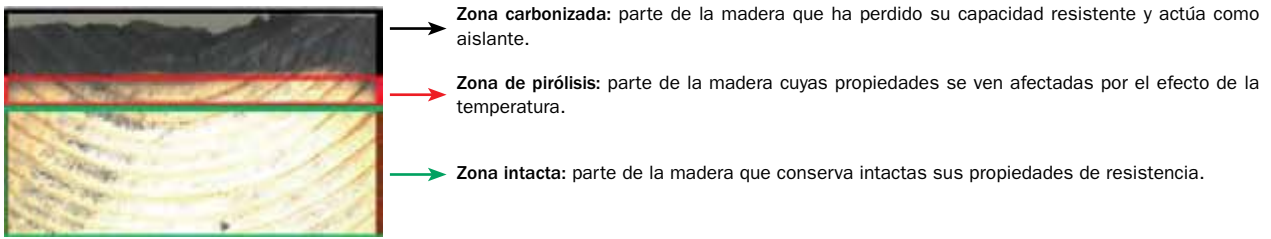


Figura 13.

función del tiempo. La consideración del redondeo de las esquinas de la sección complica el cálculo de las propiedades mecánicas de la sección residual. Para simplificar este proceso se define una velocidad de carbonización eficaz, con un valor ligeramente superior al real y que permite considerar la sección residual con las aristas vivas (como si no se produjera el redondeo) (fig. 14).

El método de cálculo propuesto por el CTE es el de la **sección reducida**, y en el Eurocódigo el de la **resistencia y rigidez reducidas**:

Hipótesis de partida:

- Se analizan elementos estructurales individualmente.
- Las condiciones de contorno y apoyo son iguales a las iniciales.
- En elementos de madera no es necesario considerar dilataciones térmicas.

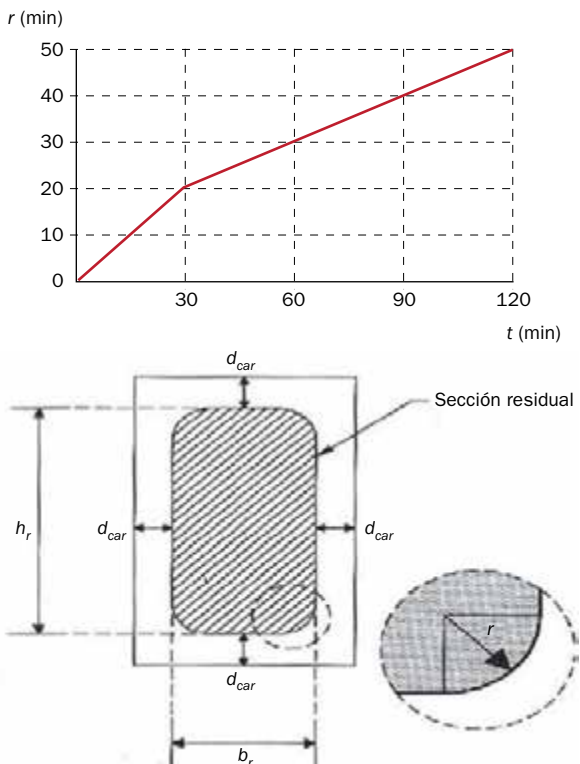


Figura 14. Redondeo de las aristas.

El método se basa en las siguientes consideraciones:

- Los valores de resistencia de cálculo y rigidez se consideran constantes durante el incendio.
- El valor de k_{mod} (valor que depende de la clase de servicio —humedad ambiente— y de la duración de la carga) se modifica para tener en cuenta que en situación de incendio se modifican los parámetros de humedad y temperatura. Su valor menor o igual a la unidad depende del método de cálculo empleado.
- Una sección reducida de madera.

Sección reducida: sección resultante de eliminar de la sección inicial la profundidad eficaz de carbonización, d_{ef} , en las caras expuestas, alcanzada durante el periodo de tiempo considerado (fig. 15).

$$d_{ef} = d_{char, n} + k_0 \cdot d_0$$

siendo:

$d_{char, n}$ Profundidad carbonizada nominal de cálculo.

d_0 De valor igual a 7 mm.

k_0 Superficies no protegidas:

- $t \geq 20$ min $k_0 = 1$
- $t < 20$ min $k_0 = t/20$

Superficies protegidas:

- $t_{ch} \leq 20$ min $k_0 = t/20$
- $t_{ch} > 20$ min $t = 0$ $k_0 = 0$
- $t \geq t_{ch}$ $k_0 = 1$

t_{ch} Tiempo de inicio de carbonización de superficies protegidas.

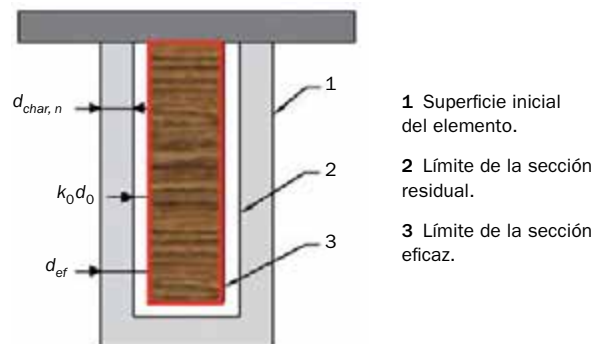


Figura 15.

	β_n (mm/min)
Coníferas y haya	
Madera laminada encolada con densidad característica ≥ 290 kg/m ³	0,70
Madera maciza con densidad característica ≥ 290 kg/m ³	0,80
Fronosas	
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica de 290 kg/m ³ ⁽¹⁾	0,70
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica ≥ 450 kg/m ³	0,55
Madera microlaminada	
Con una densidad característica ≥ 480 kg/m ³	0,70

⁽¹⁾ Para densidad característica comprendida entre 290 y 450 kg/m³, se interpolará linealmente.

Tabla 1. Velocidad de carbonización nominal de cálculo, β_n , de maderas sin protección.

Se define la profundidad de carbonización nominal de cálculo $d_{char, n}$ como la distancia entre la superficie exterior de la sección inicial y la línea que define el frente de carbonización.

$$d_{char, n} = \beta_n \cdot t$$

t Tiempo de exposición al fuego.

β_n Velocidad de carbonización nominal, según la especie, en la tabla 1.

Los factores que influyen en la combustión de la madera son los siguientes:

— **Especie de madera**

Las maderas más ligeras tienen un mayor volumen de poros. Por ello desprenden los gases con mayor rapidez y el comienzo de la combustión y la velocidad de propagación se producen más rápidamente que en las especies más densas.

Las maderas de frondosas de poros dispersos (como el haya), arden más rápidamente que las de poros en anillo (como el roble) (fig. 16).

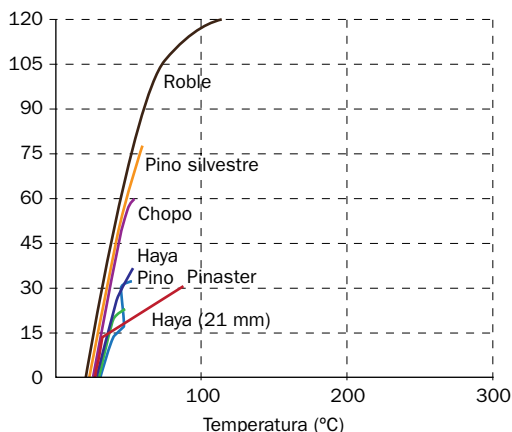


Figura 16. Curvas de temperatura-tiempo de diversas especies de madera sometidas a la acción del fuego. Fuente: revista AITIM 293.

— **Densidad**

El tiempo de ignición es proporcional a la densidad de la madera. Las maderas más ligeras son las más porosas y, por tanto, arden más deprisa que las pesadas porque tienen más aire disponible.

— **Escuadría, superficie y forma**

En las piezas gruesas se retrasa el punto de inflamación porque la superficie a calentar es mayor para una misma fuente calorífica. Las superficies rugosas y angulosas favorecen la inflamación, debido a que el fuego encuentra puntos de entrada singulares que arden con más facilidad. En las superficies lisas las llamas lamen las caras y tardan más en penetrar hacia el interior.

— **Contenido de humedad**

Cuanta más humedad tenga la madera más tiempo requerirá llegar la combustión ya que primero se ha de evaporar el agua contenida en la madera.

— **Tamaño de la fuente calorífica**

La fuente calorífica debe aportar suficiente energía para calentar toda la pieza, no bastando una fuente puntual muy intensa: no se puede quemar una viga con una cerilla.

— **Coefficiente de conductividad calorífica de la madera**

Su valor es muy bajo, especialmente en la dirección perpendicular a la fibra.

El coeficiente de conductividad calorífica de las coníferas (pino y abetos) en la dirección perpendicular varía de 0,09 a 0,12 kcal/mh °C aproximadamente (en las maderas ligeras se sitúa en 0,005 y en las pesadas puede llegar a 0,30). En el caso de los tableros de partículas, y dependiendo del espesor; puede variar de 0,08 a 0,15; y en los de fibras de densidad media de 0,06 a 0,72. Este mismo coeficiente para otros materiales

Duración (min)	Tipo de madera	Densidad (kg/m³)	Valores medios ensayos		Valores ENV 1995 (β _n)
			β _n	β _n	
60	Pino canario	1.050 ± 10	0,62	0,62	0,8 ρ ≥ 290 kg/m³
30	Pino silvestre	510 ± 10	0,95	0,95	
22	Laminada encolada pino	550 ± 10	0,89	0,89	0,7 ρ ≥ 290 kg/m³
15	Laminada encolada eucalipto	850 ± 20	0,42	0,50	0,50 (ENV) 0,55 (CTE) ρ ≥ 450 kg/m³
20			0,53		
45			0,59		
60			0,61		
20			860 ± 15		

Tabla 2. Comparaciones con valores del eurocódigo. Velocidad de carbonización (experimental) de estructuras de madera.

puede alcanzar los siguientes valores 62 (hierro); 330 (cobre); de 0,5 a 100 (cemento); 0,15 (yeso).

— Calor específico

El calor específico de la madera es bajo, de 0,4 a 0,7 Kcal/kg °C, lo que significa que no se necesita mucho calor para llegar a los 150 °C, temperatura a la que empiezan a desprenderse gases combustibles y, por tanto, a aparecer las llamas.

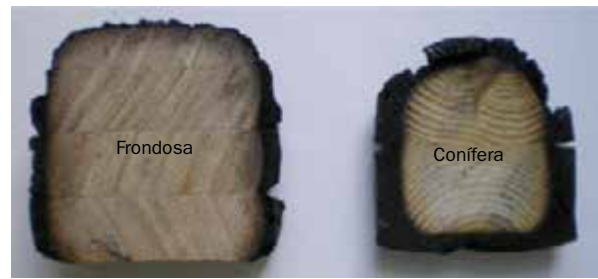


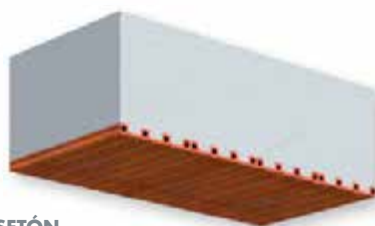
Figura 17.

Casetones KNAUF Ceraclip® para aligeramiento de forjados

- Casetones de poliestireno expandido **EPS** con tableros cerámicos insertados en la cara vista.
- Cumplen con las exigencias del Código Técnico «Documento Básico-SI».
- Resistencia **EI-90** a la propagación de fuego entre sectores de incendio, en sentido transversal (ensayo sin recubrimiento de yeso).
- Máximo aligeramiento sin problemas de fisuras en yesos o colgado de lámparas y falsos techos.



CASETÓN RETICULAR
60 × 60



CASETÓN UNIDIRECCIONAL DE GRANDES CANTOS

Knauf Miret S.L.
c/Calafell, 1- 08720 Vilafranca del Penedès
Tel. 938 906 943 - Fax. 938 906 925
pilar.peiro@knauf.fr
www.knauf-industries.com



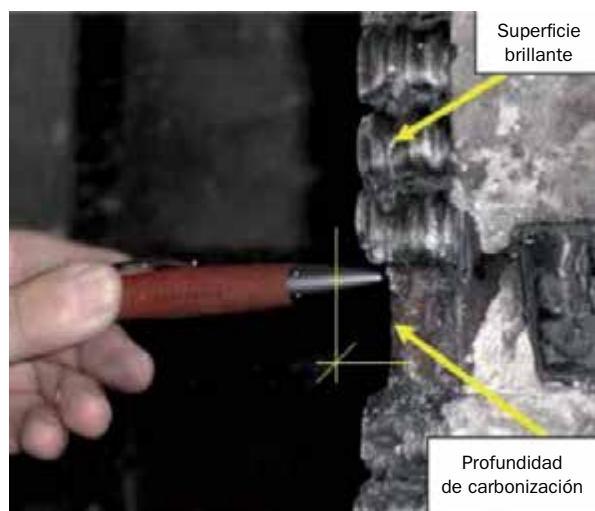


Figura 18.

A continuación, se muestra el resultado de ensayo a fuego, con idéntica sección de partida e idéntica duración del incendio de una muestra de conífera y una muestra de frondosa (fig. 17).

Los ensayos realizados en distintas especies revelan resultados dispersos y algo diferentes a los establecidos en la normativa, aunque se toman los últimos para el cálculo (tabla 2).

La velocidad de carbonización puede ayudarnos también en la investigación de incendios, al poder determinar con bastante certeza el tiempo del incendio, y el sentido de propagación entre habitaciones (fig. 18).

COMPROBACIÓN FRENTE AL FUEGO

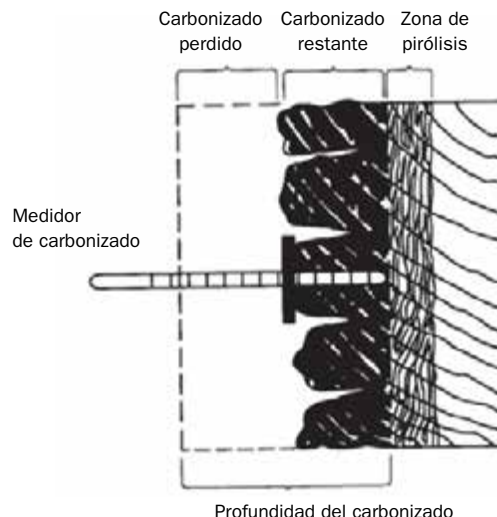
Según el CTE:

Exigencia básica SI 6. Resistencia al fuego de la estructura

La estructura portante mantendrá su resistencia al fuego durante el tiempo necesario para que puedan cumplirse las exigencias básicas SI-1 a SI-5 (Propagación interior; Propagación exterior; Evacuación de ocupantes; Instalaciones de protección contra incendios; Intervención de bomberos).

Criterios generales de aplicación

Pueden utilizarse otras soluciones diferentes a las contenidas en este DB, en cuyo caso deberá seguirse el procedimiento establecido en el artículo 5 del CTE y deberá documentarse en el proyecto el cumplimiento de las exigencias básicas. Cuando la aplicación de este DB en obras en edificios protegidos sea incompatible con su grado de protección, se podrán aplicar



aquellas soluciones alternativas que permitan la mayor adecuación posible, desde los puntos de vista técnico y económico, de las condiciones de seguridad en caso de incendio. En la documentación final de la obra deberá quedar constancia de aquellas limitaciones al uso del edificio que puedan ser necesarias como consecuencia del grado final de adecuación alcanzado y que deban ser tenidas en cuenta por los titulares de las actividades.

Cumplimiento del DB SI en edificios existentes y efectividad de la adecuación al DB (CTE SI, Diciembre 2012)

Lo que establece este apartado implica, junto con el punto 3 del artículo 2 de la parte I del CTE, que en obras en edificios existentes en las que se den las limitaciones (restricciones) que se citan, no se incumple el CTE si se aplican soluciones que supongan, a juicio de las administraciones de control edificatorio, el mayor grado de adecuación efectiva global posible a las condiciones de este DB.

La adecuación a este DB de un elemento que se modifica puede no ser efectiva cuando depende de la necesaria contribución de otros elementos que, por no modificarse con la reforma, no se adecuan a este DB.

Los criterios que se exige cumplir a los elementos estructurales son tres:

- El criterio **R** (antiguo EF) de capacidad portante manifiesta la capacidad de un elemento o estructura de mantener la estabilidad a las cargas durante la acción del fuego indicado.
- El criterio **E** de integridad manifiesta la capacidad del elemento de prevenir el paso de llamas y de los gases calientes (los forjados y muros de separación, por ejemplo).

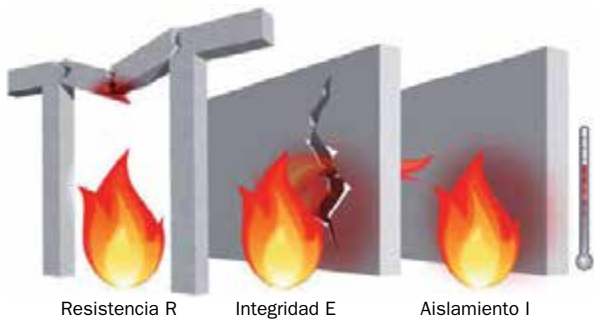


Figura 19.

— El criterio I de aislamiento térmico manifiesta la capacidad de impedir el paso de calor a partir de ensayos de resistencia al fuego (los forjados y muros de separación, por ejemplo).

No debe confundirse el concepto **R** con el de **RF** (resistencia al fuego de normativa anterior al CTE), pues este último supone estabilidad estructural y restricciones al paso de incendio, mientras el primero representa solo estabilidad estructural. Para asegurar los criterios RF (REI) haría falta justificar también los criterios de integridad E y de aislamiento térmico I (fig. 19).

La resistencia al fuego puede establecerse mediante tres alternativas:

- Aplicar el tiempo considerando la acción térmica normalizada, en función del uso y altura de evacuación (tablas 3 y 4, denominadas 3.1 y 3.2 en el CTE).
- Calcular el «tiempo equivalente de exposición al fuego» Anejo SI B.
- Otros modelos de incendio:
 - Curvas paramétricas.

Riesgo especial bajo	R 90
Riesgo especial medio	R 120
Riesgo especial alto	R 180

Tabla 4. Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial integradas en los edificios⁽¹⁾.

⁽¹⁾ No será inferior al de la estructura portante de la planta del edificio excepto cuando la zona se encuentre bajo una cubierta no prevista para evacuación y cuyo fallo no suponga riesgo para la estabilidad de otras plantas ni para la compartimentación contra incendios, en cuyo caso puede ser R 30.

La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo de una zona de riesgo especial es función del uso del espacio existente bajo dicho suelo.

- Fuego localizado.
- Modelos informáticos de dinámica de fluidos.

No hablaremos aquí de las dos últimas alternativas, pues supondrían extensos artículos por sí mismas. Nos centraremos en la comprobación al fuego normalizado.

Los requerimientos son comunes a todo tipo de estructuras. Se determinan en función del uso y de la altura de evacuación.

En una nota, se hace una aclaración que es muy importante en la aplicación a cubiertas ligeras (no solo de madera): *las estructuras de cubiertas ligeras no previstas para ser utilizadas en la evacuación de los ocupantes y cuya altura respecto de la rasante exterior no exceda de 28 m, así como los elementos que únicamente sustenten dichas cubiertas, podrán ser R 30 cuando su fallo no pueda ocasionar daños graves a los edificios o establecimientos próximos, ni comprometer la estabilidad de otras plantas inferiores o la compartimentación de los sectores de incendio. A tales efectos,*

Uso del sector de incendio considerado ⁽¹⁾	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante altura de evacuación del edificio		
		≤ 15 m	≤ 28 m	> 28 m
Vivienda unifamiliar ⁽²⁾	R 30	R 30	—	—
Residencial vivienda, residencial público, docente, administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, pública concurrencia, hospitalario	R 120 ⁽³⁾	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 ⁽⁴⁾		

⁽¹⁾ La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo que separa sectores de incendio es función del uso del sector inferior. Los elementos estructurales de suelos que no delimitan un sector de incendios, sino que están contenidos en él, deben tener, al menos, la resistencia al fuego suficiente R que se exija para el uso de dicho sector.

⁽²⁾ En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso residencial vivienda.

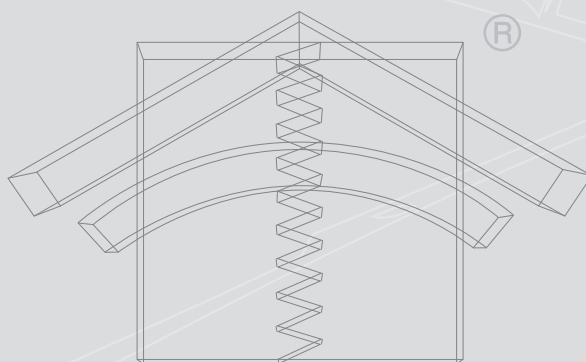
⁽³⁾ R 180 si la altura de evacuación del edificio excede de 28 m.

⁽⁴⁾ R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.

Tabla 3. Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales.



Complexitat i professionalitat a l'abast de tothom



tecnifusta
ingenyeria

puede entenderse como ligera aquella cubierta cuya carga permanente no exceda de 1 kN/m².

Evaluación de las acciones en situación de incendio

En situación de incendio la comprobación estructural se realiza considerando unas acciones más reducidas, dado el carácter excepcional del incendio.

Situaciones persistente o transitoria:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{G,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Situaciones extraordinarias con acciones accidentales:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Coefficientes parciales de seguridad:

En el caso de la madera se presentan los siguientes coeficientes parciales de seguridad para el cálculo de la resistencia γ_M (tabla 5, denominada 2.3 en el CTE).

En situación extraordinaria, todos los coeficientes de seguridad (γ_G, γ_Q) son iguales a cero si su efecto es favorable o a la unidad si es desfavorable. Los coeficientes de simultaneidad según la tabla 6 (denominada 4.2 en el CTE).

Simplificando, la combinación en situación de incendio puede quedar así:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Situaciones persistentes y transitorias	
Madera maciza	1,30
Madera laminada encolada	1,25
Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20
Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30
Uniones	1,30
Placas clavo	1,25
Situaciones extraordinarias	
	1,0

Tabla 5. Coeficientes parciales de seguridad para el material, γ_M .

Valor de cálculo de la madera en situación de incendio

La resistencia de cálculo en situación de incendio es más elevada que en la situación normal. En secciones gruesas es fácil alcanzar tiempos superiores o iguales a 30 minutos.

Sin embargo con anchuras inferiores a los 90-100 mm es difícil llegar a EF-30 minutos.

El valor de cálculo de la madera en situación de incendio según la siguiente expresión:

$$X_d = k_{mod} \cdot k_{fi} \cdot \left(\frac{X_k}{\gamma_M} \right) \cdot k_i$$

Siendo:

X_d Valor de cálculo del material.

X_k Valor característico del material.

γ_M Coeficiente parcial de seguridad según tabla 2.3 de DB-SE-M (= 1 en situación extraordinaria).

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (categorías según DB-SE-AE)			
– Zonas residenciales (categoría A)	0,7	0,5	0,3
– Zonas administrativas (categoría B)	0,7	0,5	0,3
– Zonas destinadas al público (categoría C)	0,7	0,7	0,6
– Zonas comerciales (categoría D)	0,7	0,7	0,6
– Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (categoría E)	0,7	0,7	0,6
– Cubiertas transitables (categoría F)		(1)	
– Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (categoría G)	0	0	0
Nieve			
– Para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
– Para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Tabla 6. Coeficientes de simultaneidad (Ψ).

k_{mod} Factor de modificación, según clase de duración de la carga y clase de servicio (= 1 en situación de incendio).

k_f Factor de corrección de la resistencia. En él se representan los diferentes factores de corrección de la resistencia: altura, longitud y carga compartida, concretados en un solo parámetro.

k_{fi} Coeficiente que permite transformar el valor característico por el valor medio. Valor importante ya que indica el aumento de resistencia de la madera en situación de incendio. Su valor es mayor a la unidad.

Para: madera maciza	$k_{fi} = 1,25$
madera laminada encolada	$k_{fi} = 1,15$
tableros derivados de la madera	$k_{fi} = 1,15$
madera microlaminada (LVL)	$k_{fi} = 1,10$
uniones con elementos laterales de madera y tableros derivados de la madera	$k_{fi} = 1,15$
uniones con placas de acero externas	$k_{fi} = 1,05$

Ejemplo de comprobación a fuego

Estructura interior: Clase de Servicio 1

Clase resistente: C24

1. Separación entre ejes de vigas: 1,5 m (fig. 20).
2. Separación entre ejes de viguetas: 0,60 m.
3. Luz de cálculo: 6 m.

Vigas de sección 200 × 320 mm.

Viguetas de sección 80 × 120 mm.

Hipótesis de cálculo

Hipótesis 1: cargas permanentes.

Duración permanente.

$$G = 3,05 \text{ kN/m} = 0,00305 \text{ kN/mm}$$

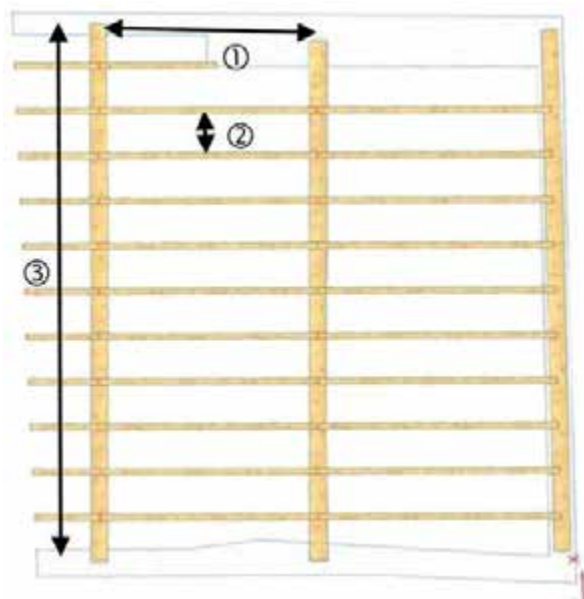


Figura 20.

Hipótesis 2: sobrecarga de uso.

Duración media.

$$Q = 3 \text{ kN/m} = 0,003 \text{ kN/mm}$$

Las hipótesis combinadas en situación persistente en transitoria serían:

Combinada 1: 1,35 · G

Combinada 2: 1,35 · G + 1,5 · Q

Se pide la comprobación de la jácena principal, a fuego, suponiendo uso residencial: R60.

Viga sin protección en tres de sus cuatro caras. Madera conífera de densidad 420 kg/m³ (fig. 21).

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$k_0 = 1 \text{ (} t > 20 \text{ minutos)}$$

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t = 0,80 \text{ mm/min} \cdot 60 \text{ min} = 48 \text{ mm}$$

$$d_{ef} = 48 + 1 \cdot 7 = 55 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = h - d_{ef} = 320 - 55 = 265 \text{ mm}$$

$$b_{ef} = b - 2 \cdot d_{ef} = 200 - 2 \cdot 55 = 90 \text{ mm}$$

Sección reducida después de 60 minutos de fuego: 90 × 265 mm

Obtendremos ahora el valor de cálculo de la resistencia de la madera, en situación normal y en situación de incendio, para que podamos compararlas:

Valor de cálculo de la madera en situación normal (tabla 7):

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \left(\frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \right) \cdot k_h \cdot k_{sys}$$

$$\gamma_M = 1,3 \text{ (madera maciza)}$$

	k_{mod}	k_h	k_{sys}	$f_{m,k}$	$k_{m,d}$
Combinada 1	0,6	1	1	24	11,07
Combinada 1	0,8	1	1	24	14,77

Tabla 7.

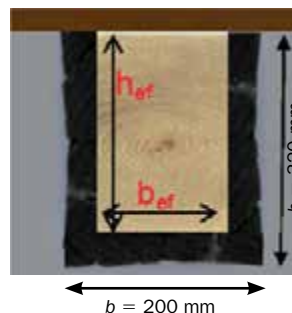


Figura 21.

Valor de cálculo de la madera en situación de incendio:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot k_{\text{ff}} \cdot \left(\frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \right) \cdot k_h =$$

$$= 1 \cdot 1,25 \cdot \left(\frac{24}{1} \right) \cdot \left(\frac{150}{265} \right)^{0,2} = 26,77 \text{ N/mm}^2$$

Como puede observarse, para una madera C24, con resistencia característica a flexión de 24 N/mm², en situación persistente o transitoria, dependiendo de la duración de la carga, pasa a tener una resistencia de cálculo de 11,07 o 14,77 N/mm² y en situación de incendio de 26,77 N/mm², mayor incluso que la característica.

Obtenemos ahora el momento flector, también en situación persistente o transitoria y en situación de incendio, para que podamos compararlos.

Valor del momento flector de cálculo para Hipótesis combinadas (situación persistente o transitoria):

Combinada 1: 1,35 · G

Combinada 2: 1,35 · G + 1,5 · Q

Combinada 1:

$$M_{y,d} = 1,35 \cdot \frac{q_G \cdot l^2}{8} = 1,35 \cdot \frac{3,05 \cdot 6^2}{8} = 18,53 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Combinada 2:

$$M_{y,d} = 1,35 \cdot \frac{q_G \cdot l^2}{8} + 1,5 \cdot \frac{q_Q \cdot l^2}{8} =$$

$$= 1,35 \cdot \frac{3,05 \cdot 6^2}{8} + 1,5 \cdot \frac{3,0 \cdot 6^2}{8} = 38,78 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Valor del momento flector de cálculo para situación de incendio:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} = \frac{q_G \cdot l^2}{8} + \psi_{1,1} \cdot \frac{q_Q \cdot l^2}{8} =$$

$$= 13,725 + 0,5 \cdot 13,50 = 20,475 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d} = 20.475.000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Como ya sabíamos, el valor del Momento solicitante es menor en situación de incendio que en situación persistente o transitoria.

Obtenemos ahora las tensiones de cálculo:

Valor de las tensiones de cálculo a flexión por hipótesis combinadas:

Combinada 1:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{18,53 \cdot 1.000.000}{3.413.333} = 5,43 \text{ N/mm}^2$$

Combinada 2:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{38,78 \cdot 1.000.000}{3.413.333} = 11,36 \text{ N/mm}^2$$

Tensiones menores a 11,07 y 14,77 N/mm² respectivamente siendo:

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{200 \cdot 320^2}{6} = 3.413.333 \text{ mm}^3$$

Valor de la tensión a que trabaja la sección residual:

$$W_y = \frac{b_{\text{ef}} \cdot h_{\text{ef}}^2}{6} = \frac{90 \cdot 265^2}{6} = 1.053.375 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{20.475.000}{1.053.375} = 19,44 \text{ N/mm}^2$$

Tensión menor a 26,77 N/mm².

Es importante observar que la sección cumple a 60 minutos, sin necesidad de aumentar la sección en el grosor que se quema, como se indica por parte de detractores de la madera.

COMPORTAMIENTO DE LAS UNIONES

Las uniones en las estructuras de madera constituyen un punto débil en caso de incendio.

El comportamiento de las uniones carpinteras, en las que los elementos metálicos, o no existen, o están presentes en cantidades mínimas y sin relevancia estructural, es el correspondiente al de la madera por sí misma.

Su respuesta al fuego en general es buena ya que únicamente se produce una pérdida de sección en las superficies expuestas. No obstante, pueden al-



Figura 22.



Figura 23.

canzarse situaciones críticas en las cajas o rebajes con profundidades escasas, en los que es fácil llegar a su desaparición en el tiempo requerido de resistencia al fuego. En estos casos, es sencillo añadir una pieza de madera que sirva de protección adicional como material de sacrificio.

Las mayores profundidades de carbonización se darán en los ensamblajes de las piezas, bien porque existen juntas que facilitan la penetración o por que se emplean elementos metálicos que conducen el calor hacia el interior (figs. 22 y 23).

En el caso de las uniones mecánicas, en las que se emplean elementos metálicos para realizar la conexión, la situación puede ser menos favorable. El acero sin proteger tiene una elevada conductividad térmica y sus propiedades mecánicas disminuyen con el aumento de la temperatura. El problema de la resistencia al fuego de las uniones mecánicas se puede dividir en los tres grupos siguientes: uniones entre piezas de madera (madera-madera-madera), uniones entre madera y acero al interior (madera-acero-madera) y uniones con herrajes expuestos.

En general, de acuerdo con la norma UNE ENV 1995-1-2, la estabilidad al fuego de las uniones realizadas con elementos metálicos calculadas en situación normal, alcanzan un tiempo de 15 minutos. Para llegar a 30 o 60 minutos es necesario sobredimensionar la

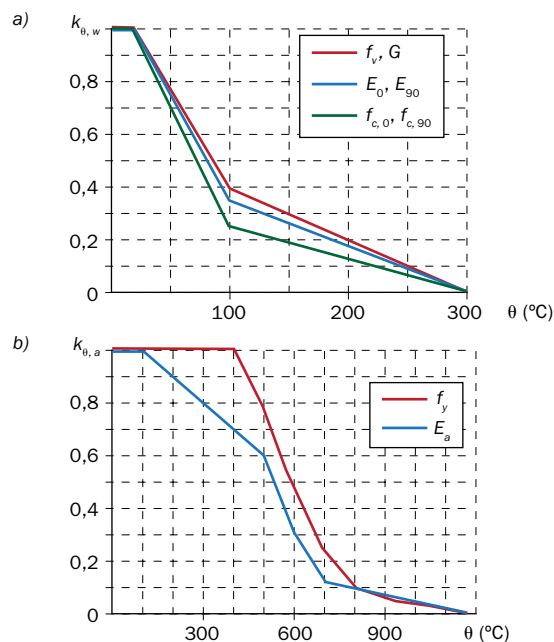


Figura 24. Variación de las propiedades mecánicas con la temperatura: a) madera, b) acero.

capacidad de carga de la unión e incluso proteger los elementos metálicos de la acción del fuego (fig. 24 y tabla 8, denominada E.5 en la UNE ENV 1995-1-2).

Intentando apurar el cálculo, podemos utilizar el **método de la carga reducida**. El método de la carga redu-



A IBERTRAC, AMB 30 ANYS D'EXPERIÈNCIA,
DISPOSEM D'UNA DIVISIÓ ESPECÍFICA PER
A CADA PROBLEMA DE PLAGUES.
TRACTEM CADA CAS AMB SERIETAT I RIGOR
PROFESSIONAL, FENT SERVIR TOTS ELS
RECURSOS NECESSARIS I COMPLETANT ELS
PROCEDIMENTS, ASSEGURANT-NOS D'UNA
EFICÀCIA DEL 100% EN ELS RESULTATS.



**TRACTAMENTS DE LA FUSTA
CONTROL DE PLAGUES**

93 439 31 04 · 93 430 43 01
www.ibertrac.com / www.termitas.net
LORETO 13-15 D 08029 BARCELONA



**CUIDEM LA
FUSTA**



	Resistencia al fuego	Condiciones
Clavos lisos	R-15	$d \geq 2,8 \text{ mm}^{(1)}$
Tirafondos	R-15	$d \geq 3,5 \text{ mm}^{(1)}$
Pernos	R-15	$t_1 \geq 45 \text{ mm}^{(2)}$
Pasadores	R-20	$t_1 \geq 45 \text{ mm}^{(2)}$
Conectores	R-15	$t_1 \geq 45 \text{ mm}^{(2)}$
⁽¹⁾ d es el diámetro de la clavija. ⁽²⁾ t_1 es el espesor de la pieza lateral.		

Tabla 8. Resistencia al fuego de uniones no protegidas con piezas laterales de madera.

cida consiste en determinar el tiempo de resistencia al fuego teniendo en cuenta la relación que existe entre la sollicitación en situación de incendio respecto a la sollicitación en situación normal. Además, el método da una expresión para calcular la capacidad de carga en situación de incendio lo que permite la comprobación de la unión.

El valor característico de la capacidad de carga de una unión con elementos de fijación a cortante y para la exposición al fuego normalizado, se obtiene según la siguiente expresión:

$$F_{v,Rk,fi} = \eta \cdot F_{v,Rk}$$

con,

$$\eta = e^{-k \cdot t_{d,fi}}$$

donde,

$F_{v,Rk}$ Valor característico de la capacidad de carga lateral de la unión con elementos de fijación a cortante a la temperatura normal, véase la norma UNE-EN 1995-1-1 capítulo 8 o el DB SE Madera del CTE.

h Factor de conversión.

k Parámetro dado en la tabla 6.3 del EC5 parte 1.1 (tabla 9).

$t_{d,fi}$ Valor de cálculo del tiempo de resistencia al fuego de la unión sin proteger cargada con el valor de cálculo del efecto de las acciones en la situación de incendio.

$$t_{d,fi} = -\frac{1}{k} \cdot \ln \left(\frac{\eta_{fi} \cdot \gamma_{M,fi}}{\gamma_M \cdot k_{fi}} \right) \quad [1]$$

El valor de cálculo de la capacidad de carga se calcula según la ecuación:

$$R_{d,t,fi} = \eta \cdot \frac{R_{20}}{\gamma_{M,fi}} = \eta \cdot \frac{R_k \cdot k_{fi}}{\gamma_{M,fi}}$$

En uniones con clavos o con tirafondos sin que las cabezas sobresalgan, y para resistencias al fuego mayores que las dadas en la expresión [1] pero no mayores que 30 minutos, el espesor de la pieza lateral y las distancias a la testa y a los bordes deberían incrementarse en una cantidad a_{fi} .

Ejemplo de comprobación a fuego de uniones

Sea la cercha de la figura 25. Hemos calculado la celosía y obtenido los esfuerzos de las barras en situación normal y de incendios (fig. 26).

Unión madera-madera:

$$t_{d,fi} = -\frac{1}{k} \cdot \ln \left(\frac{\eta_{fi} \cdot \gamma_{M,fi}}{\gamma_M \cdot k_{fi}} \right) = -\frac{1}{0,065} \cdot \ln \left(\frac{0,47 \cdot 1,0}{1,15 \cdot 1,15} \right) = 15,92 \text{ min } (>15 \text{ min})$$

Unión acero-madera:

$$t_{d,fi} = -\frac{1}{k} \cdot \ln \left(\frac{\eta_{fi} \cdot \gamma_{M,fi}}{\gamma_M \cdot k_{fi}} \right) = -\frac{1}{0,085} \cdot \ln \left(\frac{0,47 \cdot 1,0}{1,15 \cdot 1,15} \right) = 12,17 \text{ min } (<15 \text{ min})$$

Unión madera-madera:

$$\eta = e^{-k \cdot t_{d,fi}} = e^{-0,065 \cdot 15,92} = 0,355$$

Unión acero-madera:

$$\eta = e^{-k \cdot t_{d,fi}} = e^{-0,085 \cdot 15,92} = 0,26$$

Unión con	k	Periodo máximo de validez para el parámetro k en una unión no protegida (min)
Clavos y tirafondos	0,08	20
Pernos madera-madera con $d \geq 12 \text{ mm}$	0,065	30
Pernos acero-madera con $d \geq 12 \text{ mm}$	0,085	30
Pasadores madera-madera* con $d \geq 12 \text{ mm}$	0,04	40
Pasadores acero-madera* con $d \geq 12 \text{ mm}$	0,085	30
Conectores de acuerdo con la Norma EN 912	0,065	30

* Los valores correspondientes a los pasadores requieren la presencia de un perno por cada cuatro pasadores.

Tabla 9. Parámetro k.



Figura 25.

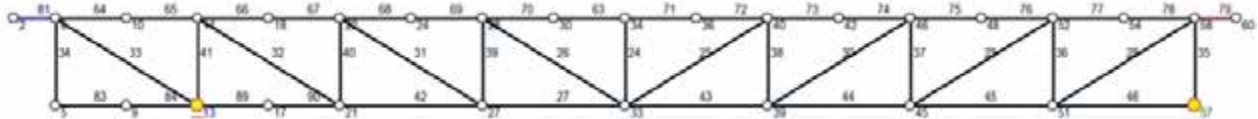


Figura 26. Cordón superior: 2 × 80 × 450 mm. Montantes: 140 × 310 mm. Diagonales: 140 × 310 mm.

Y por tanto, la unión en situación de incendio tendrá una capacidad de carga, referida a la situación normal, de:

Unión madera-madera:

$$R_{d,t,fi} = \eta \cdot \frac{R_k \cdot k_{fi}}{\gamma_{M,fi}} = 0,355 \cdot \frac{1,15}{1,0} \cdot R_k = 0,41 \cdot R_k$$

Unión acero-madera:

$$R_{d,t,fi} = \eta \cdot \frac{R_k \cdot k_{fi}}{\gamma_{M,fi}} = 0,355 \cdot \frac{1,15}{1,0} \cdot R_k = 0,41 \cdot R_k$$

Suponiendo un correcto dimensionado de las uniones existentes, en situación normal, comparamos los esfuerzos que aparecen en las uniones más cargadas (fig. 27).

Los valores son inferiores al 41% indicados en la relación $R_{d,fi}/R_k$.

Por tanto, la unión cumpliría en situación de incendio.

Como solo soportan 15 minutos, deberá protegerse con pintura intumescente para 15 minutos más como mínimo:

Pernos: diámetros 20 mm, longitud 330 mm

$$\begin{aligned} \text{Masividad} &= \frac{A_m}{V} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 0,01 \cdot (0,03)}{\pi \cdot 0,01^2 \cdot 0,33} = \frac{0,02}{0,01} = \\ &= 18,2 \text{ m}^{-1} \end{aligned}$$

Pletinas: espesor 5 mm

$$\text{Masividad} = \frac{A_m}{V} \sim \frac{1}{0,005} = 200 \text{ m}^{-1}$$

La determinación de la corrección de la formulación se ha corroborado mediante la realización de ensayos y modelizaciones calibradas según dichos ensayos para calcular el comportamiento de las uniones.

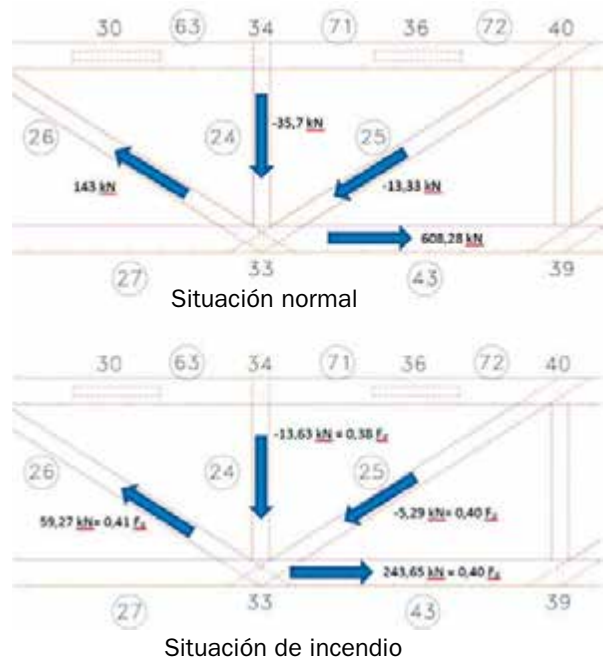


Figura 27.



Figura 28. Madera para articular la madera después de una prueba de resistencia al fuego.

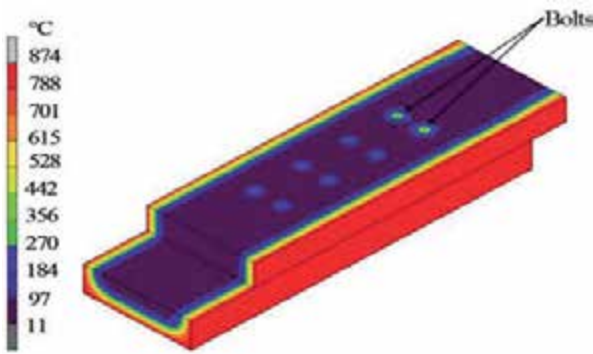


Figura 29. Modelado de transferencia de calor en el área de la articulación. Fuente: *Predicting the behaviour of dowelled connections in fire: fire tests results and heat transfer modelling*. Karine LAPLANCHE (Ph. D. Student, Scientific and Technical Building Centre, CSTB), Dhionis DHIMA (Ph. D, P. Eng CSTB) y Patrick RACHER (Dr. Ing. Civil engineering Laboratory, CUST).

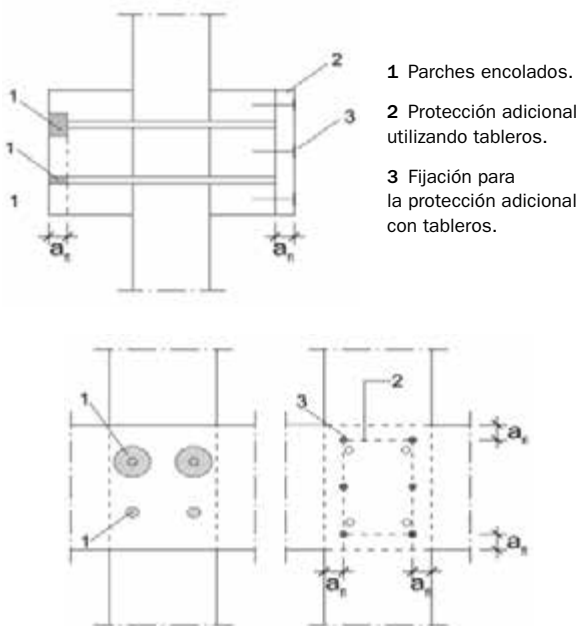


Figura 30. Ejemplos de protecciones adicionales mediante parches encolados y protección mediante tableros derivados de la madera (la protección de los bordes de las piezas laterales y central no está representada en el dibujo).

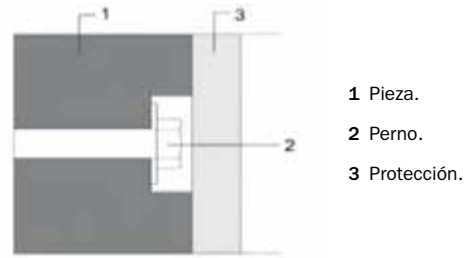


Figura 31. Ejemplo de protección de la cabeza de un perno.

En ellas se observa que el elemento débil es el componente metálico, que no debería dejarse sin proteger (fig. 28).

Observamos el ensayo de una unión entre dos elementos de madera, que a continuación se muestra modelizada (fig. 29).

Para paliar este efecto, hemos de proteger las uniones. Este hecho está recogido en la norma, mediante el cálculo y comprobación de uniones protegidas con madera, lana de roca o placas de yeso laminado (fig. 30).

La protección también se aplica a los elementos de madera. Según ensayos y normativa, cuando existe una protección se debe tener en cuenta el tiempo de retraso que dicha protección produce en el inicio de la carbonización de la madera; tras este tiempo, la velocidad de carbonización del elemento debe considerarse como el doble de la nominal hasta que se alcanza una profundidad carbonizada de 25 mm, a partir de la cual, la velocidad de carbonización vuelve a ser la nominal. Este fenómeno se debe a que el aire tras ese tiempo está a una temperatura mayor, entre otros motivos.

Cuando la unión se proteja mediante el adosado de tableros de madera o tableros derivados de la madera, debe cumplirse la siguiente condición:

$$t_{ch} \geq t_{req} - 0,5 \cdot t_{fi,d}$$

siendo (fig. 31):

t_{ch} Tiempo en el que inicia la carbonización de acuerdo con E.2.3.2.2.

t_{req} Tiempo requerido para una exposición al fuego normalizado.

$t_{fi,d}$ Tiempo de resistencia al fuego de la unión sin proteger de acuerdo con la tabla 8 (tabla E.5 de UNE ENV 1995-1-2), sometida al efecto de cálculo de las acciones en situación de incendio.

A continuación se muestra un ejemplo de la protección de la unión con «tapones» de madera, que se encuentra en la cúpula de Las Arenas (fig. 32).



Figura 32.

Tecnologia

en la **rehabilitació**

- Reforços estructural
- Patologies d'edificis
- Rehabilitació integral d'edificis
- Treballs especials
- Assessorament tècnic
- Decoració



Reforços
estructurals

Patologies
d'edificis

Rehabilitació
integral
d'edificis

Treballs
especials

Assessorament
tècnic

Decoració



www.contracta.net

Tel: 93 634 51 90 - mail: info@contracta.net

TRATAMIENTOS CONTRA EL FUEGO

Reacción al fuego y formas de mejorarla

La forma de mejorarla se basa en la incorporación de productos retardantes del fuego mediante los siguientes tratamientos:

Tratamiento en profundidad

En el caso de la madera maciza, el producto se introduce de forma artificial mediante presión utilizando una autoclave. En el caso de los tableros, existen diferentes métodos.

Tratamiento superficial

Actúan de dos formas diferentes: hinchándose por la acción del calor, formando una capa aislante y/o impidiendo que el oxígeno alcance la madera.

Los productos más utilizados son las pinturas y los barnices. Sus principales desventajas radican en su menor duración —después de un cierto tiempo perderá su eficacia (y en el caso de las pinturas, no dejan ver el aspecto de la madera).

Tratamientos indirectos

La madera se protege con un elemento que tiene unas mejores prestaciones frente al fuego, por lo que quedaría oculta.

Resistencia al fuego y formas de mejorarla

Un error frecuente es creer que si se mejora la Reacción al Fuego se mejora la Resistencia al Fuego.

La reacción al fuego solamente hace referencia a la combustibilidad del material y se evalúa con un ensayo específico, mientras que la resistencia al fuego se evalúa con otros ensayos que miden el tiempo que el elemento desempeña su función. En el caso de los elementos estructurales de madera el parámetro principal es la velocidad de carbonización.

La forma de mejorar la resistencia al fuego de los elementos estructurales de madera es:

- Añadir una sección de sacrificio de madera.
- Añadir una sección de sacrificio de un material no combustible o protección pasiva, por ejemplo tableros de yeso.
- Añadir una sección de sacrificio intumescente que estará operativa, como las anteriores, durante un cierto tiempo. En estructuras de madera están poco desarrolladas y no son demasiado fiables.

Productos retardantes del fuego

- Sales para su aplicación por autoclave (doble vacío). Estos productos suelen estar patentados.
- Barnices incoloros o ligeramente pigmentados.
- Pinturas intumescentes.



Figura 33.



Figura 34.

Como curiosidad, existen algunas técnicas antiguas muy llamativas de proteger la madera frente al fuego que además mejoran la protección de la misma frente a otros organismos destructores, por ejemplo, el Shou-sugi-ban. Técnica de procedencia japonesa, se basa en un quemado superficial de las tablas de madera (actualmente utilizando sopletes de temperatura controlada) para proceder, a continuación, a un cepillado superficial, un lavado con agua, su posterior secado y para acabar dándole una impregnación de aceites naturales tipo Penofin, que ha de ser renovada cada cierto tiempo (un año, básicamente).

La baja conductividad térmica de la madera, que transmite una pequeña proporción del calor hacia el interior de ella la protege de futuras agresiones (fig. 33).

Para terminar este pequeño recorrido por la madera y su comportamiento frente al fuego, que requiere una profundidad mayor a la que os invito, os dejo una fotografía de un Parque de Bomberos en Alemania, de madera (fig. 34).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Estructuras de madera: diseño y cálculo. Editorial AITIM. R. Argüelles, F. Arriaga.
2. Intervención en estructuras de madera. Editorial AITIM. R. Argüelles, F. Arriaga.
3. CTE-SE-AE. Acciones en la edificación. Ministerio de la Vivienda.
4. Eurocódigo 1: bases de proyecto y acciones en estructuras. AENOR.
5. CTE-SE-M. Estructuras de madera. Ministerio de la Vivienda.
6. Eurocódigo 5 (UNE-EN 1995): Proyecto de estructuras de madera. AENOR.
7. Recomanacions per al reconeixement, la diagnosi i la teràpia de sostres de fusta. Publicació ITEC. Varis autors.
8. Manual de diagnosi, patologia i intervenció en estructures de fusta. Col·legi Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona. Varis autors.
9. Curso de Patología y Restauración de edificios, Tomo 2. Patología de estructuras leñosas. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. Varios autores
10. Protección preventiva de la madera. Editorial AITIM. F. Peraza Sánchez.
11. Curso Construcción en Madeira 2007. Centro de Innovación e Servicios tecnológicos da madeira de Galicia.
12. Curso on-line CTE. ACE-Zigurat.
13. Criterios para la interpretación y aplicación de los Documentos Básicos del Código Técnico de la Edificación: DB SI - Seguridad en caso de incendio. Recopilación de consultas dirigidas a la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda (1 de septiembre de 2008).

3 Restauració de la cúpula del pavelló de Sant Rafael de l'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau de Barcelona

Manel Fernández i Jordi Bernuz

En el procés de restauració que s'està duent a terme els darrers anys al recinte modernista de l'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau de Barcelona, es vol destacar la restauració de la cúpula del pavelló de Sant Rafael, bàsicament pel procediment d'execució emprat fent servir una combinació de materials tradicionals i altres de nova generació.

El recinte modernista de l'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau va començar la seva construcció a inicis del segle xx, fruit del disseny de l'arquitecte Lluís Domènech i Muntaner, però no va ser inaugurat fins a inicis dels anys 30. Durant 80 anys va tenir un ús hospitalari fins que, en 2009, aquest serveis varen ser traslladats a unes noves instal·lacions properes. Va ser aleshores que es varen iniciar les tasques de restauració dels antics pavellons adaptant-los a un nou ús administratiu.

El recinte modernista és el conjunt d'edificis singulars que en 1978 va ser declarat Monument Històric Artístic i en 1997 va passar a formar part del Patrimoni Mundial de la UNESCO (fig. 1).

El conjunt original està organitzat en pavellons que segueixen les directrius de l'arquitectura hospitalària higienista que predominava en el moment en el qual

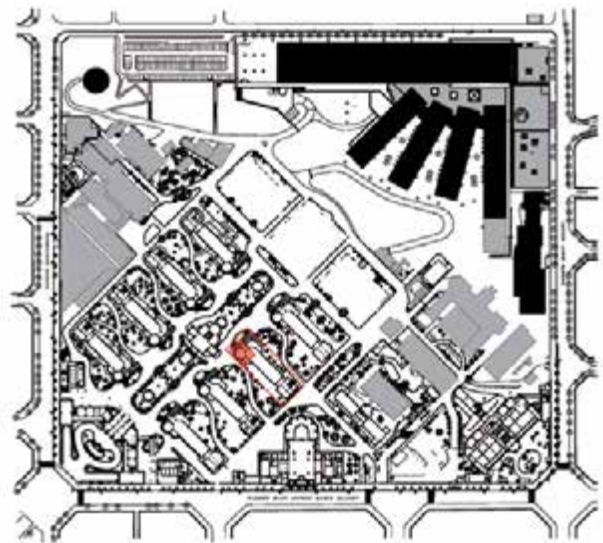


Figura 1.

va ser dissenyat. Els pavellons estan organitzats a ambdues bandes d'un eix central amb una orientació nord-sud per tal de millorar les condicions d'assoleig.

Les sales d'hospitalització tenen una forma rectangular són àmplies, amb poca ocupació i ben ventilades, al voltant de les quals es troben les dependències

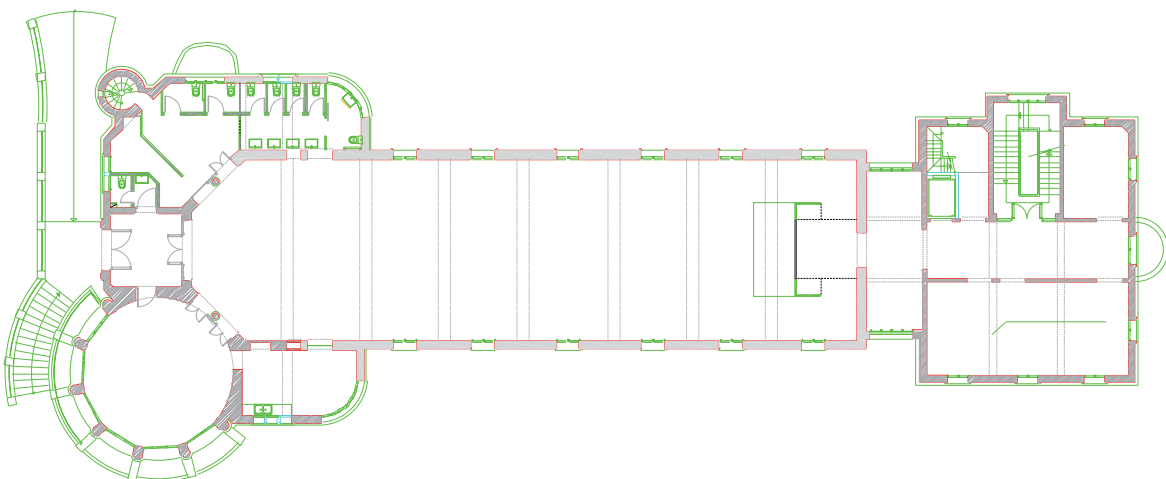
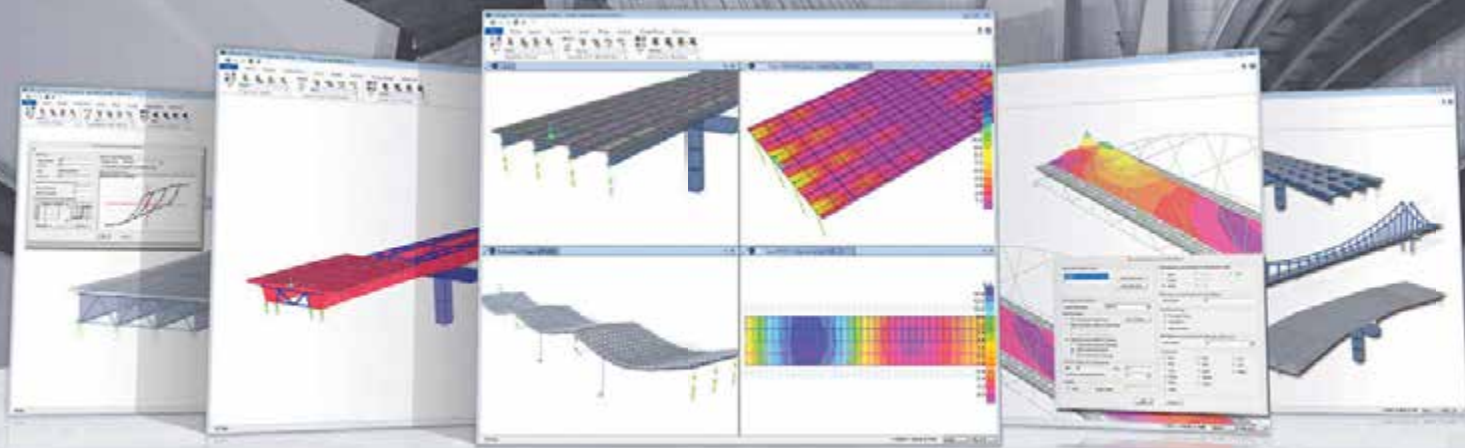


Figura 2. Planta baixa.

CSI BRIDGE[®]

UNO DE LOS PROGRAMAS MÁS VERSÁTILES Y PRODUCTIVOS DISPONIBLES EN EL MERCADO PARA MODELADO, CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE Puentes



VERSÁTILIDAD EN EL MODELADO, CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE TODOS LOS TIPOS DE Puentes

- Programa de elementos finitos con el motor de cálculo del SAP2000, enfocado en puentes, pero con gran flexibilidad para modelizar cualquiera estructura
- Tiene disponible todas las opciones generalmente utilizadas en SAP2000, además de los menús dedicados a los puentes
- Modelos de análisis con recurso a todos los elementos de SAP2000, proporcionando al ingeniero transparencia y robustez
- Posibilidad de editar de forma totalmente genérica los modelos generados paramétricamente y de acrecentar cualquier elemento finito u otros elementos adicionales
- Contacto directo con los conceptos numéricos más complejos asociados al modelado
- Un único modelo para todos los análisis y elementos estructurales (subestructura, superestructura, aparatos de apoyo y cimentaciones)
- Generación de modelos de barras, shell o sólidos a partir de las mismas definiciones paramétricas
- Adaptación automática de los trazados de postensado a los layouts de las almas del tablero
- Generación automática de mallas para toda la superestructura
- Plantillas para puentes de voladizos sucesivos y puentes colgantes
- Gran versatilidad en la caracterización de los esfuerzos globales en puentes modelados con elementos shell y sólidos, y en el proceso de dimensionamiento de la superestructura
- Introducción de cargas paramétricas independientes de los elementos finitos
- Biblioteca de vehículos basada en varias normativas internacionales para generación de cargas móviles
- Cálculo de superficies de influencia en carriles para obtener las respuestas más desfavorables
- Cálculo automático de la fuerza centrífuga y fuerza de frenado/aceleración
- Variaciones paramétricas de acciones y geometría de la sección transversal del tablero a lo largo de los vanos
- Bridge Wizard para consulta y edición rápida de todas las propiedades paramétricas del puente

FIABILIDAD Y ROBUSTEZ DEL MISMO MOTOR DE CÁLCULO UTILIZADO EN SAP2000, DESARROLLADO Y AMPLIADO A LO LARGO DE MÁS DE 40 AÑOS

- Análisis no lineal geométrico y de material
- Materiales con comportamientos reológicos, como la fluencia, retracción, envejecimiento y relajación
- Elementos sólidos, barra, pretensados, catenaria y elementos shell no lineales
- Elementos específicos para modelizar comportamientos de contacto, rigidez multi-linear, fricción, comportamiento histerético y aisladores de base
- Excelencia en análisis dinámicos, secuencia constructiva, pretensado y secuencia de análisis
- Solvers de 32 y 64 bits con algoritmos de factorización de matrices rápidos y eficientes para modelos de grandes dimensiones

INTEROPERABILIDAD CON OTROS PROGRAMAS Y FORMATOS. ALGUNOS EJEMPLOS

- Edición interactiva del modelo a través del Excel y archivos de texto
- Exportación e importación de archivos AutoCAD
- Exportación e importación de archivos IFC
- Importación y cálculo de modelos elaborados en SAP2000
- Exportación de reportes de cálculo para Word

DIMENSIONAMIENTO DE LA SUPERESTRUCTURA Y SUBESTRUCTURA

- Dimensionamiento de la superestructura a través de las normativas Americanas, Europeas, Canadienses, Rusas, Indias, y otras
- Generación de combinaciones automáticas basadas en las normativas utilizadas para dimensionamiento

OTRAS HERRAMIENTAS AVANZADAS

- Optimizador estructural para determinación de las acciones óptimas en la estructura en función de la respuesta deseada
- Acceso a través del API para creación de pre y pos-procesadores

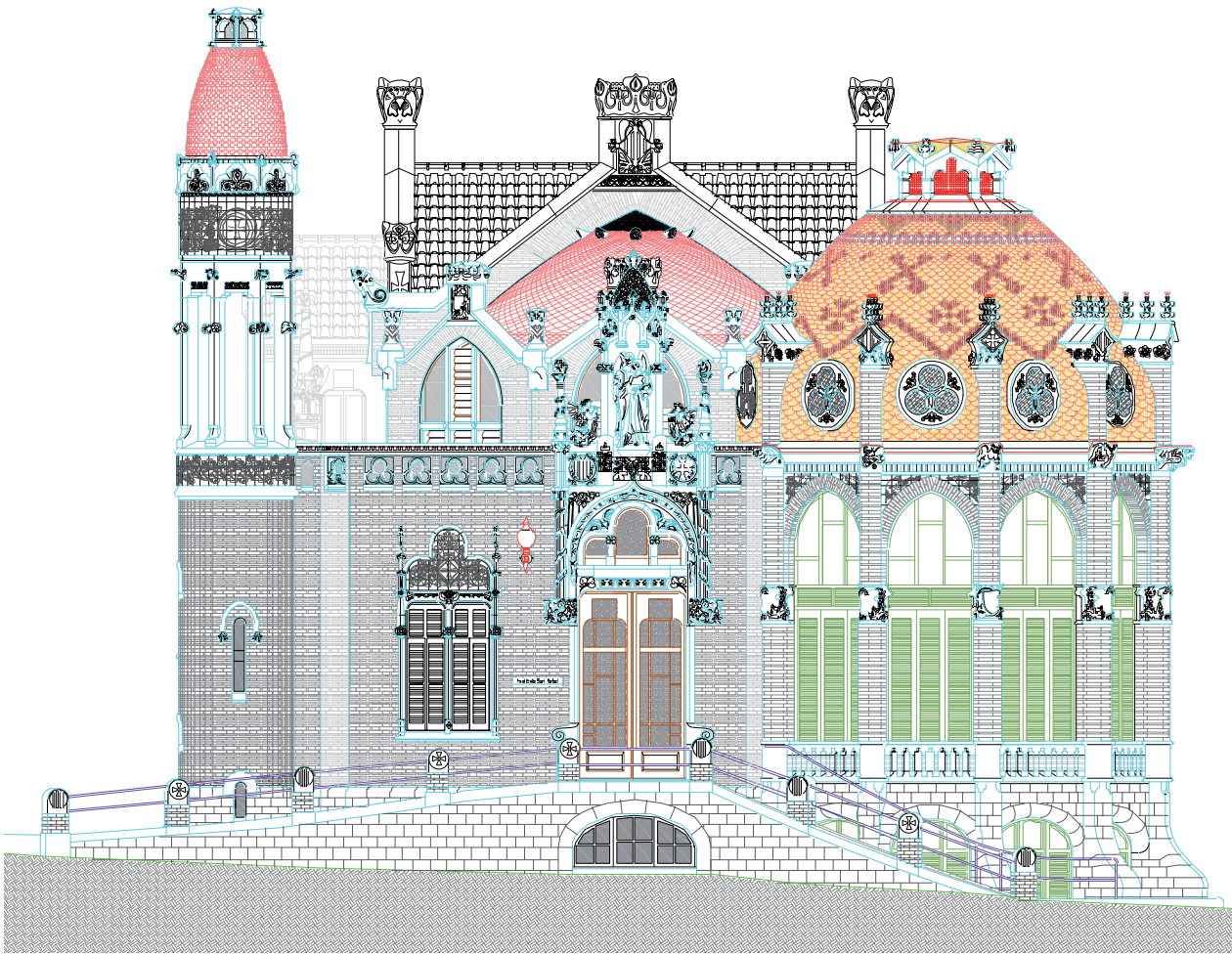


Figura 3. Façana oest.

auxiliars d'infermeria, els serveis i la sala de dia (fig. 2).

Una sala de dia de forma circular situada en la cantonada sud per tal de rebre la major part possible de radicació solar.

Pavellons de dos plantes (llevat els situats més al nord que en tenien tres) adaptats a la topografia del terreny. Acabats interiors amb rajola vidrada per tal de facilitar la neteja i millorar les condicions higièniques.

Un entorn enjardinat, tranquil i separat del nucli urbà eren algunes de les seves característiques (fig. 3).

Els pavellons hospitalaris varen ser construïts amb forjats de voltes de maó de pla «a la catalana» suportades en murs de maó ceràmic massís format per dos fulls de 15 cm separats, deixant entre mig una cambra buida d'uns 15 cm per on passaven els conductes d'aigües pluvials i els conductes de ventilació.

Els contraforts que, tradicionalment, equilibraven les empentes horitzontals de les voltes, van ser substituïts per uns perfils metàl·lics a manera de cercols que estan encastats dins la fàbrica de maó dels murs.

Les cobertes són de teula, a dues aigües aguantades per unes corretges metàl·liques recolzades en uns arcs ceràmics atirantats inferiorment per perfils metàl·lics.

El pavelló de Sant Rafael, va ser un dels pavellons que en el període en el qual es va fer servir amb ús hospitalari, va conservar el caràcter de l'edifici original dissenyat per Domènech i Muntaner, patint poques modificacions, a diferència de la resta que varen veure alterada de manera considerable tan la superfície construïda com la volumetria exterior i els materials d'acabat.

El fet de mantenir la major part de les característiques de l'edifici original va fer que es decidís fer servir aquest edifici per actes promocionals i institucionals en el decurs del procés de restauració. El desig d'obrir les portes del pavelló al públic va comportar la necessitat de realitzar una avaluació detallada de l'estat de conservació.

En aquesta primera fase d'avaluació es va poder constatar que una de les parts més malmeses, era la cúpula de la «sala de dia».



SOLUCIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN QUE GENERAN CONFIANZA

Volum cilíndric de dos plantes coronat per una doble cúpula de maó de pla rematada per dos anells amb perfils metàl·lics del tipus IPN, lligats entre ells amb quatre meridians formats, també, per perfils metàl·lics del tipus «T» que tenien una directriu corbada coincident amb la de la pell exterior de la cúpula. Perfils, tots ells encastats en la fàbrica de maó i revestits, tan per la cara interior com l'exterior per una capa de rajola ceràmica decorada que, a més, era l'element que mitjançant la forma d'escates havien de garantir la impermeabilització de la pell exterior (fig. 4 i 5).

El pas del temps, la deficiència del recobriments dels perfils metàl·lics, així com les escasses tasques de conservació dutes a terme en el decurs dels darrers anys, van provocar l'oxidació dels elements metàl·lics, provocant patologies en tots aquells elements de recobriments (fig. 6).

El procés de restauració i consolidació es va dividir en dues fases.

Una primera fase d'estabilització de la cúpula que va consistir en el disseny d'un apuntament mitjançant una estructura porticada suportada en els murs perimetre i elevada del terra que havia de permetre l'ús del públic de la planta baixa.

Aquest apuntament es va dissenyar de manera provisional, però va romandre un període de dos anys mentre no es va decidir a abordar la restauració definitiva.

La missió fonamental d'aquest apuntament era la de descarregar els dos fulls de la cúpula per tal de minimitzar les càrregues sobre els elements metàl·lics d'atirament. Al mateix temps es pretenia afectar, en el menor grau possible, els elements decoratius originals (fig. 7).

Així doncs, es va plantejar una plataforma elevada del terra, amb onze bigues metàl·liques de suport, organitzades de manera radial per tal d'anar a buscar les

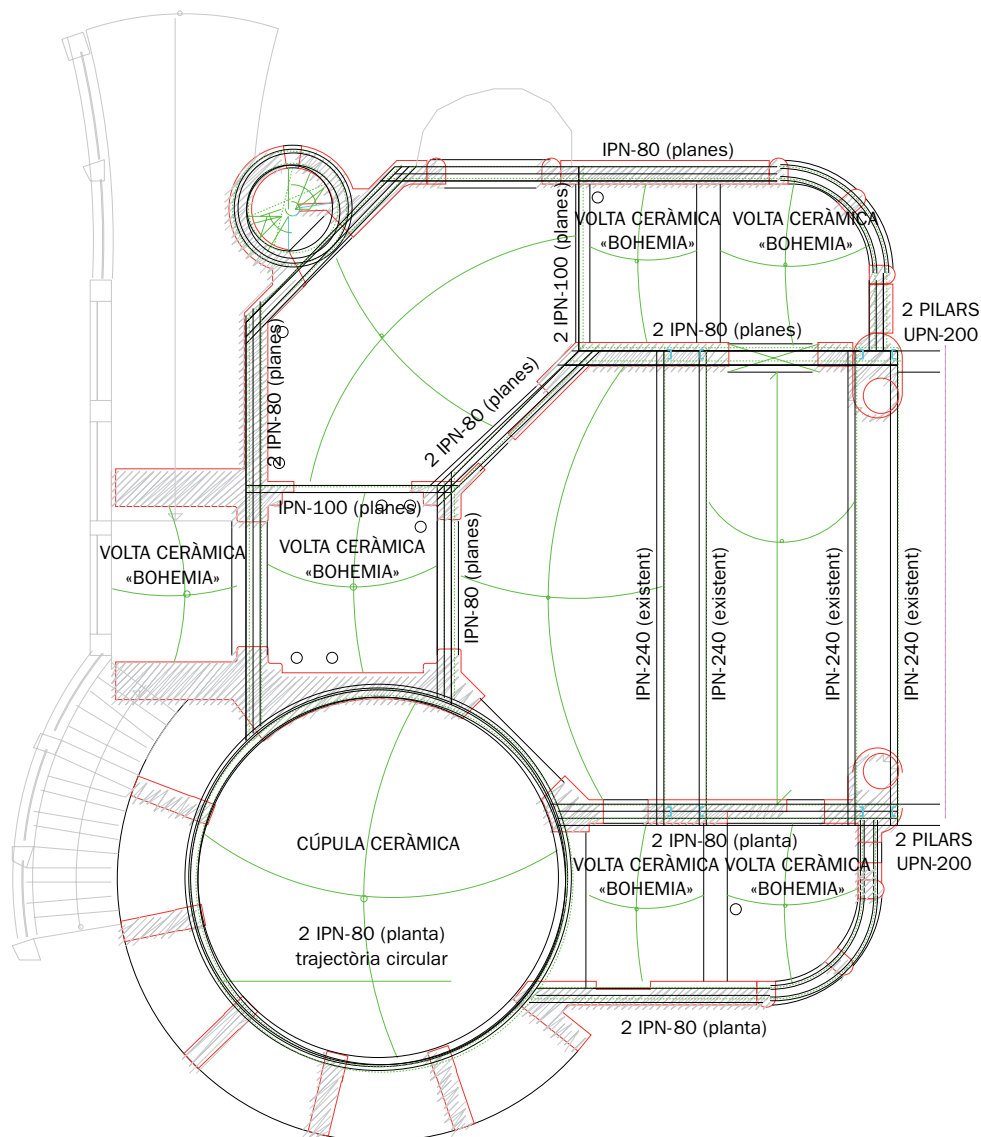


Figura 4. Estructura existent del sostre de la planta soterrani.

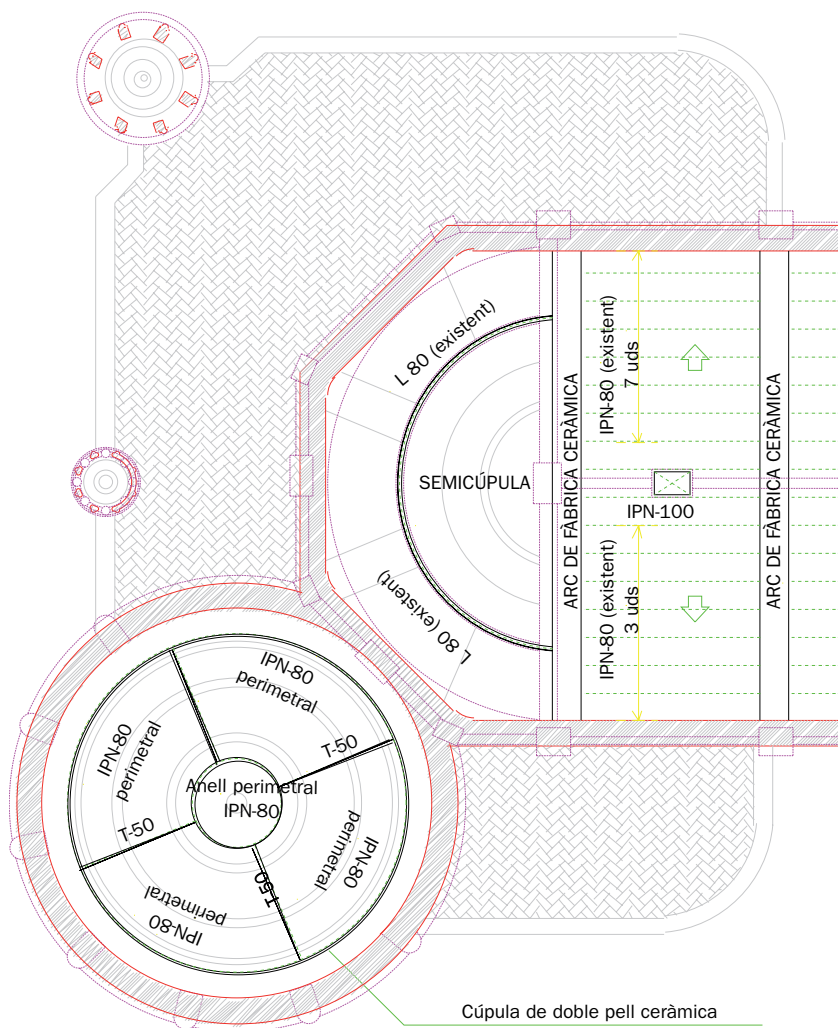


Figura 5. Estructura existent de la planta coberta.



Figura 6.

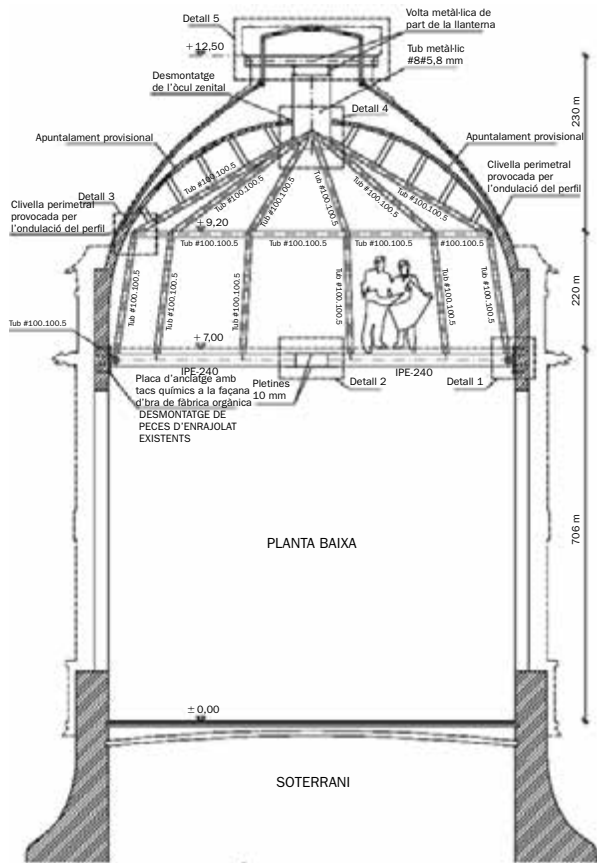
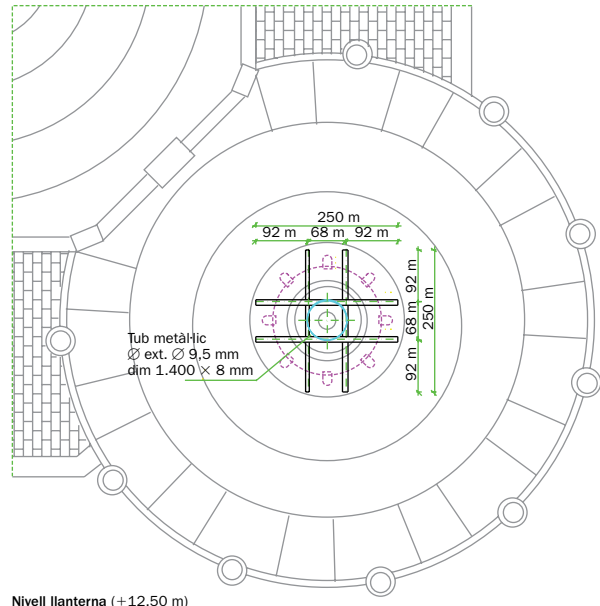


Figura 7. Secció d'apuntament.



Nivell llanterna (+12,50 m)

Pas de perfils a través de les finestres de la llanterna

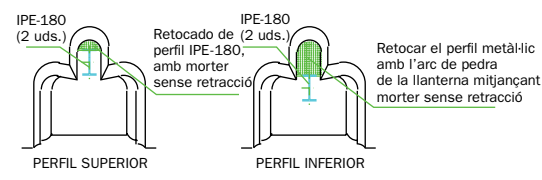


Figura 9.

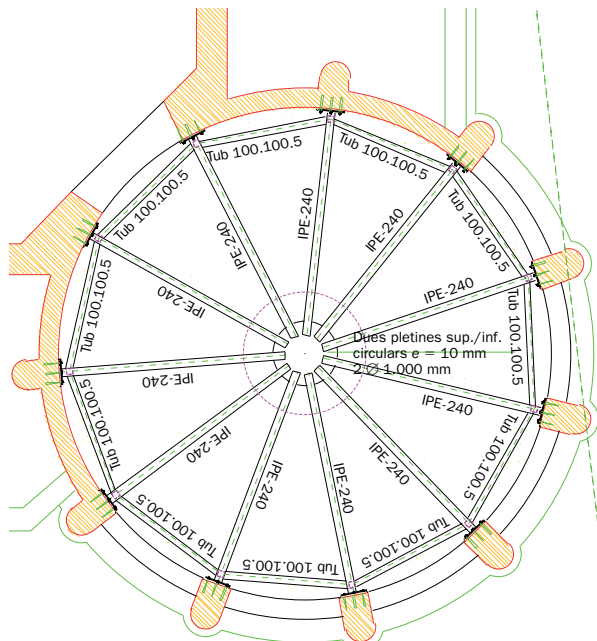


Figura 8. Nivell inferior.

agulles de fàbrica de maó massís perimetrals de suport del conjunt (fig. 8, 9 i 10).

Sobre aquesta plataforma es van construir uns pòrtics amb perfils tubulars que s'unien en el centre de la cúpula. Sobre aquests pòrtics es van posar uns

puntals que recolzaven la fulla interior de la cúpula. El contacte entre ambdós elements es va resoldre amb unes bandes de goma per tal de no fer malbé els elements decoratius interiors (fig. 11).

Del punt d'unió central dels pòrtics sobresortia, pel forat de l'òcul central, un perfil cilíndric, la missió del qual era la de suportar el castellet de pedra que corona exteriorment el full exterior de la cúpula. D'aquesta manera, si bé no es podia apuntalar aquest full exterior, es pretenia rebaixar les càrregues que havien de suportar (fig. 12).

Sobre la plataforma inferior es va col·locar una xapa ondulada que havia de protegir als usuaris de planta baixa davant la possible caiguda de peces del revestiment interior (fig. 13).

Els únics elements decoratius que es van desmuntar, van ser les rajoles del revestiment interior que coincidien amb les plaques d'ancoratge de les bigues de suport de la plataforma. Aquestes peces van ser catalogades, acopiades i emmagatzemades per a una posterior restauració i reutilització.

La resta de rajoles del revestiment interior van ser protegides (fig. 14).

Per tal de minimitzar l'entrada d'aigua, es va protegir la cúpula amb una lona exterior que es va mantenir

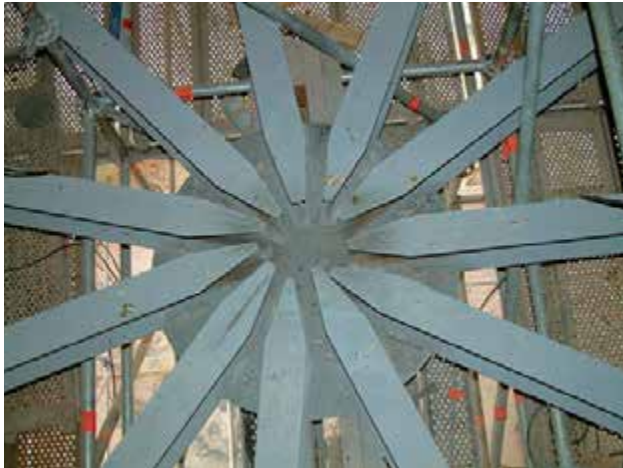


Figura 10.



Figura 11.



Figura 12.



mentre no es van iniciar les tasques de restauració de la segona fase (fig. 15).

En una segona fase es va procedir a la restauració definitiva. En aquesta fase, el punt definitiu consistia en la substitució dels diversos elements metàl·lics afectats d'oxidació per uns de nous, de característi-

ques semblants però amb uns tractaments de millora davant els efectes d'oxidació.

Aquesta substitució s'havia de dur a terme mantenint la major part d'elements originals i substituir, tan sols, els elements malmesos, amb la finalitat de mantenir, en la mesura del possible, la mateixa solu-



Figura 13.



Figura 14.

ció constructiva del projecte original que, com s'ha pogut contrastar, ha donat uns resultats satisfactoris després de més de 100 anys d'ús continuat.

Per això, es va desenvolupar un procediment d'actuació en el qual es va fer servir una combinació de mètodes i materials tradicionals, combinat amb materials de nova generació, com són les malles de fibres que s'han emprat per a la consolidació provisional mentre es procedia a la retirada i posterior restitució dels elements metàl·lics.

El sistema consistia en col·locar unes franges de malla de fibra de carboni a ambdós costats dels perfils afectats que calia substituir, de manera que haurien de ser aquestes franges les que haurien de suportar les possibles traccions provocades en el procés de desmuntatge (fig. 16 i 17).



Figura 15.

Posteriorment es procediria a suportar, provisionalment, els dos fulls de la cúpula, a una cota pel damunt del perfil del congreu inferior. Aquest suport consistiria en descarregar la doble cúpula sobre uns elements metàl·lics lligats a l'apuntament interior que hauria de permetre la retirada del perfil de l'anell inferior i dels meridians sense risc de caiguda de la cúpula. Prèviament calia massissar l'espai entre els dos fulls per tal de solidaritzar la base i repartir millor el pes sobre l'estructura d'apuntament (fig. 18 i 19).

Un cop en obra, i a la vista de l'estat de conservació dels diversos elements constructius, es va modificar el procediment d'actuació, per un de més tradicional consistent en la substitució dels perfils afectats per trams.

Els elements de consolidació provisionals han esdevingut part del reforç definitiu del conjunt, sense que

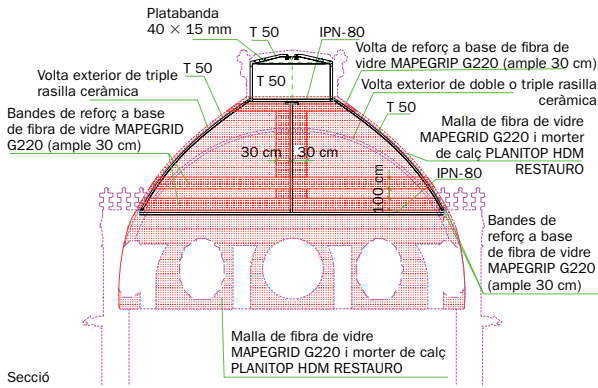
DÓVELAS con FIBRAS metálica DRAMIX®



- Refuerzo multidireccional (alta resistencia al desconchamiento)
- Reducción de costes
- Más espacio (no hay armaduras en stock)
- Cálculo conforme con las normas vigentes
- mayor sostenibilidad
- Más ecológico (menos CO2 liberado)



BEKAERT Industrias Del Ubierna
Travessera de Gràcia, 30, 2ºCD
08021 BARCELONA - SPAIN
T+34 93 241 90 06
M+34 606 993 922



Secció

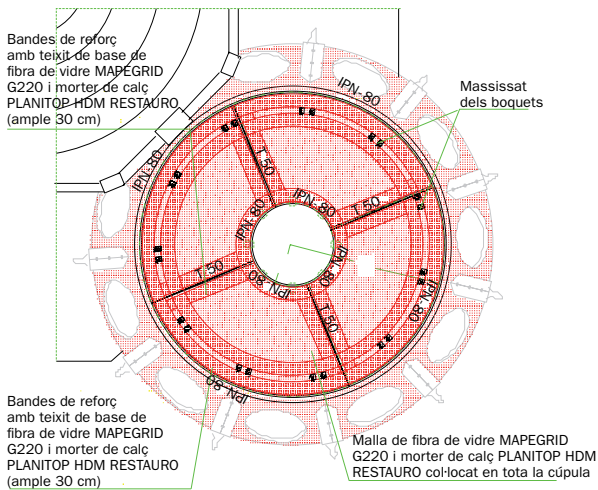
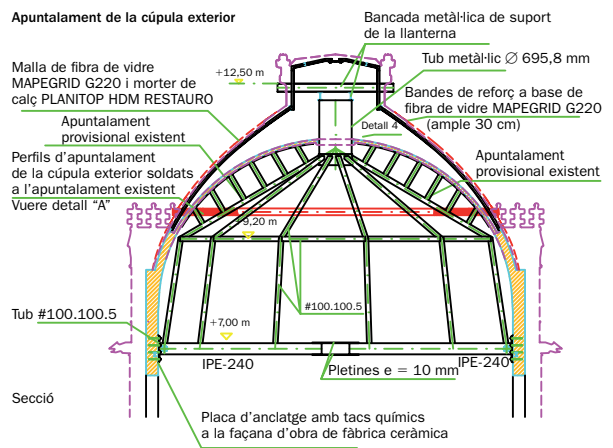
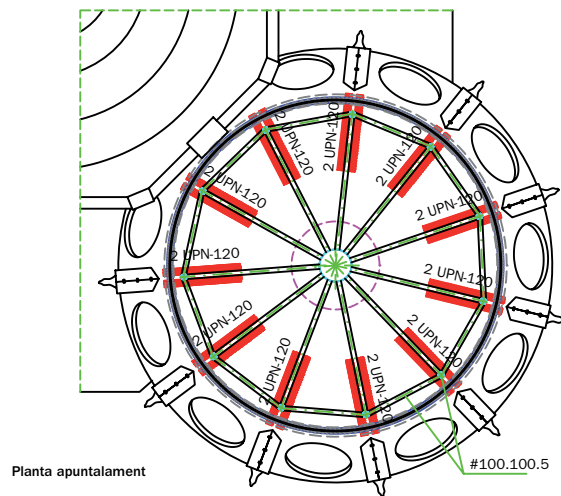


Figura 16. Planta de reforç. Cosit amb fibra de vidre.



Secció



Planta apuntament

Figura 18.

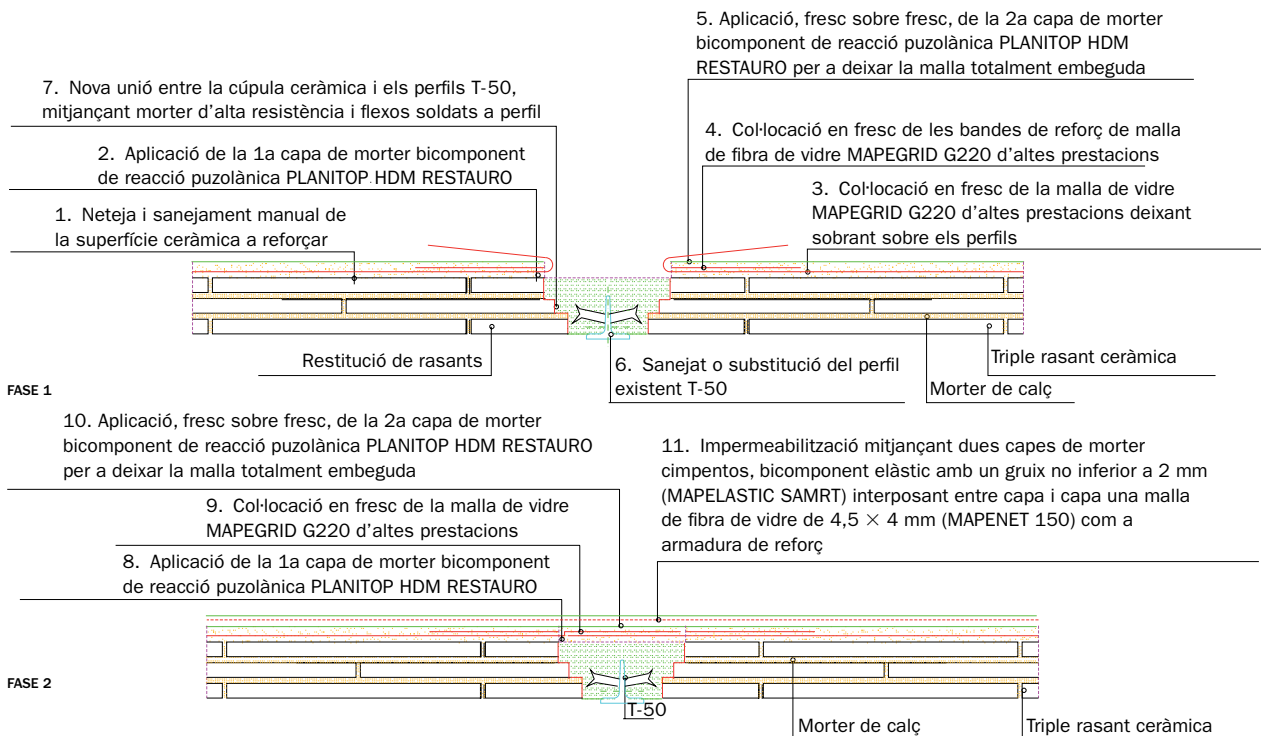
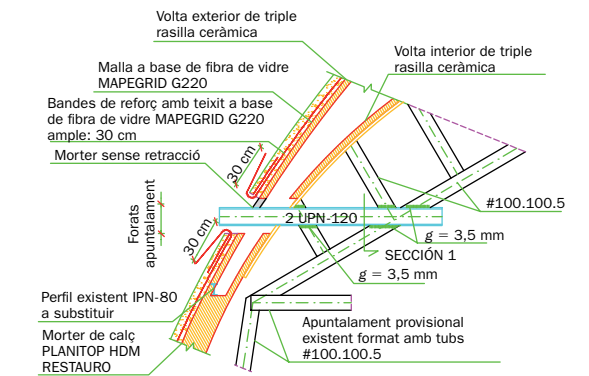
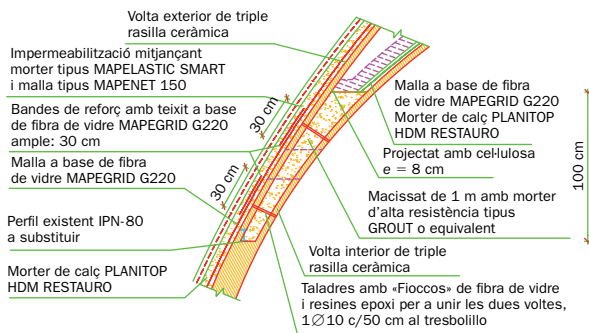


Figura 17. Detall de reforç de la cúpula i tractament o substitució de perfils.



DETALL A (APUNTALAMENT DE LA CÚPULA EXTERIOR)



MACISSAT PERIMETRAL

NOTA: abans de macissar el sinus entre cúpules, netejar el seu interior a consciència.

Figura 19. Detall A (apuntalament de la cúpula exterior) i el macissat perimetral.



Figura 20.

hagin comportat alteracions significatives de la imatge de l'edifici respecte la proposta del projecte original.

Tot seguit s'especifiquen els passos seguits en aquesta segona fase d'actuació.

— Retirada de la lona de protecció exterior (fig. 20).

Especialistes en rehabilitació d'estructures d'edificis en ús i grans rehabilitacions

REHABILITACIÓ I RESTAURACIÓ DE FAÇANES | REHABILITACIÓ D'ESPAIS COMUNITARIS | TRACTAMENTS DE COBERTES I MITGERES | RESTAURACIÓ DE PATRIMONI HISTÒRIC | REHABILITACIÓ D'ESTRUCTURES | INSTAL·LACIONS COMUNITÀRIES

Castella, 40-46 · baixos 2 · 08018 Barcelona · Tel: 934 864 300 · Fax: 934 864 301 · trac@tracrehabilitacio.cat

www.tracrehabilitacio.cat



Figura 21.



Figura 22.



Figura 23.



Figura 24.

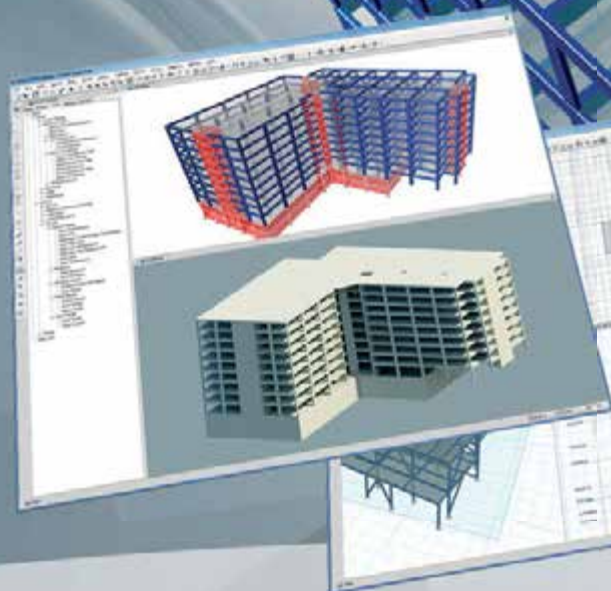


Figura 25.

- Retirada de les escates del revestiment exterior. L'alt grau de deteriorament i la irregularitat de la geometria va fer impossible la reutilització (fig. 21).
- Repicar el revestiment dels perfils metàl·lics encastats (fig. 22).
- Repicat del morter de revestiment exterior fins deixar a la vista la capa de rajola (fig. 23).
- Primera aplicació de morter de reparació Planitop HDM restauro, en aquelles zones on la cúpula presentava irregularitats (fig. 24).
- Col·locació de la malla de fibra de carboni Mapegrid G200 en els quatre casquets de la fulla exterior de la cúpula, deixant suficient solapament a les zones on coincidien amb els perfils metàl·lics (fig. 25).
- Substitució dels perfils metàl·lics originals per uns de nous de característiques semblants d'acer inoxidable i pintats amb una imprimació epoxídica (fig. 26).

ETABS[®] + SAFE[®] + CSI REVIT LINK

MODELADO, CÁLCULO, DIMENSIONAMIENTO Y DETALLE DE ESTRUCTURAS INTEGRADOS EN UNA PLATAFORMA BIM



FIABILIDAD Y ROBUSTEZ DEL MISMO MOTOR DE CÁLCULO UTILIZADO EN SAP2000, DESARROLLADO Y AMPLIADO A LO LARGO DE MÁS DE 40 AÑOS

- Análisis no lineal geométrico y de material
- Elementos sólidos, barra, pretensados, catenaria y elementos shell no lineales
- Elementos específicos para modelizar comportamientos de contacto, rigidez multilineal, fricción, comportamiento histerético y aisladores de base
- Excelencia en análisis dinámicos, proceso constructivo, pretensado y secuencia de análisis
- Solvers de 32 y 64 bits con algoritmos de factorización de matrices rápidos y eficientes para modelos de grandes dimensiones

DIMENSIONAMIENTO Y DETALLE DE ESTRUCTURAS

- Dimensionamiento a través de las normativas Europeas, Americanas, Canadienses, Turcas, Indias, Chinas, y otras
- Dimensionamiento de estructuras metálicas, de hormigón, mixtas y pretensadas
- Dimensionamiento de cimentaciones, vigas de cimentación, pilotes, encepados, zapatas irregulares de núcleos, pilares, pilares mixtos, vigas, vigas mixtas, núcleos, losas incluyendo comprobaciones de punzonamiento
- Visualización del ancho de fisuras de acuerdo a Eurocódigo 2
- Dimensionamiento con los Eurocódigos 2, 3, 4 y 8, incluyendo las comprobaciones de capacidad resistente del nudo viga-pilar
- Detalle de vigas, pilares, losas, núcleos y zapatas de hormigón armado
- Gráficos de respuesta global de la estructura como desplazamientos relativos entre pisos, centros de rigidez y de masa, acciones laterales automáticas de sismo y viento, fuerzas de cortante por piso, y otros

MODELAR, CALCULAR, DIMENSIONAR, DETALLAR, IMPORTAR Y EXPORTAR ESTRUCTURAS DE EDIFICIOS CON RAPIDEZ

- Programa de elementos finitos con el motor de cálculo del SAP2000, enfocado para edificios, pero con gran flexibilidad para modelizar cualquiera estructura
- Contacto directo y continuo con los conceptos numéricos más complejos asociados al proceso de modelado
- Definición geométrica en AutoCAD, IFC o Revit, para construcción del modelo estructural, a través de sencillas operaciones
- Macro objetos estructurales como núcleos, losas, muros, pilares, vigas, vigas mixtas, huecos u otros elementos, especialmente preparados para el diseño rápido de edificios
- Generación automática de mallado para toda la estructura
- Losas postensadas, ancho de fisuras y estados límites de servicio
- Efectos de retracción, fluencia y envejecimiento
- Modelado de cimentaciones y contacto no lineal con el suelo
- Gran versatilidad en obtener esfuerzos en núcleos/muros de hormigón y realizar el respectivo dimensionamiento
- Reportes de cálculo e imágenes dinámicos

INTEROPERABILIDAD CON OTROS PROGRAMAS Y FORMATOS. ALGUNOS EJEMPLOS

- Edición interactiva del modelo a través del Excel y archivos de texto
- Exportación e importación de archivos AutoCAD
- Exportación e importación incremental de modelos Revit a través del plugin CSI Revit Link
- Exportación e importación de archivos IFC

OTRAS HERRAMIENTAS AVANZADAS

- Acceso a través del API para creación de pre y pos-procesadores

Calle del mediodía grande, 18 • Local Bajo Exterior • 28005 Madrid
T: +34 669 725 257 • +351 211 957 023
E: general@csiespana.com • ventas@csiespana.com
W: www.csiespana.com

CSI COMPUTERS & STRUCTURES, INC.
SPAIN

www.csiespana.com



Figura 26.



Figura 27.

— La substitució dels perfils es va fer per trams i les unions es van resoldre amb cargols per tal de minimitzar els previsibles moviments d'expansió-retracció originats per les feines de soldadura (fig. 27).

— La substitució del perfil de l'anell inferior requeria d'un perfil auxiliar a manera de «by-pass» que donava continuïtat al perfil a substituir en el moment del canvi (fig. 28).



Figura 28.



Figura 30.



Figura 29.



Figura 31.

— Un cop substituïts els perfils es revesteixen amb material ceràmic semblant a l'original (fig. 29).



Figura 32.

- Posteriorment es cobreix amb les malles i amb el morter de reparació (fig. 30).
- Per tal de millorar la impermeabilitat del conjunt, es va posar una capa de morter hidròfug lligat a la base amb una malla de fibra de vidre Mape-net 150 (fig. 31).
- Sobre la capa de morter, es va replantejar el dibuix de les escates de rajola vidrada (fig. 32).
- Les noves escates van fixar al morter hidròfug base amb un morter cola compatible tipus Keraflex (fig. 33).

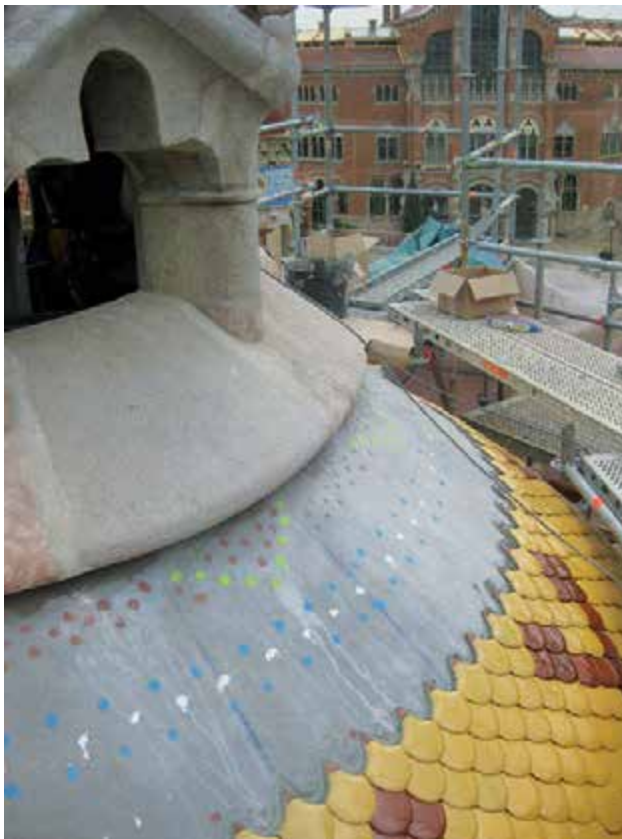


Figura 33.



Assentaments als Fonaments?

INJECCIONS EN EL TERRENY SEGONS NORMATIVA:



SOLUCIÓ QUALIFICADA

Per un Organisme Tècnic de Control
Independent en el sector de la Construcció

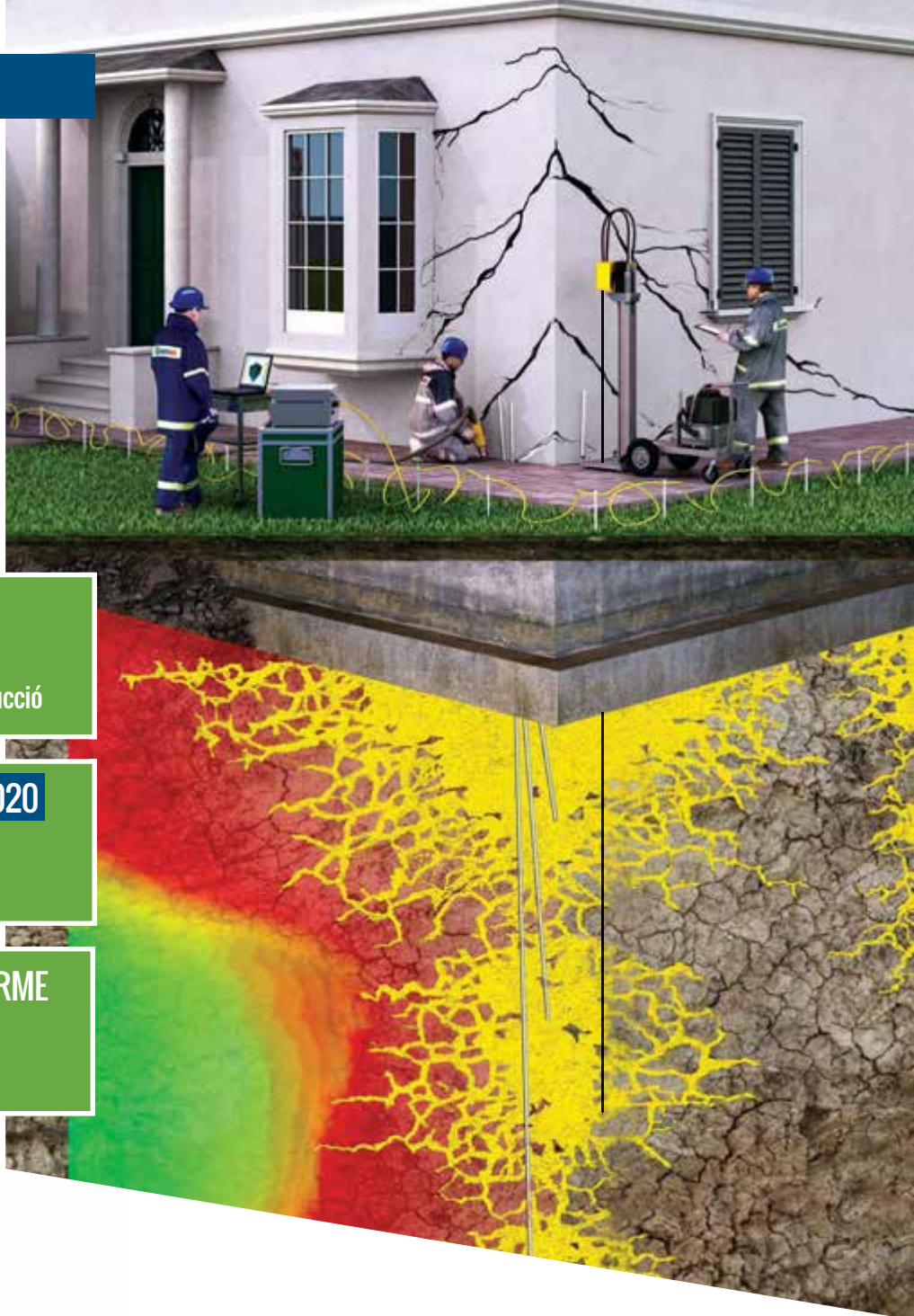


REGLA DE L'ART EN ISO IEC 17020

Clara i Transparent en la Relació:
Client, Projectistes, D.E, Empresa



Solució CERTIFICADA i CONFORME
a les Normatives Tècniques del Sector
EN 12715



 **GEOSEC**

**Doni VALOR
A les seves SOLUCIONS.**

PER A MÉS INFORMACIÓ ▼▼▼▼▼

sense compromís
900 800 745

www.geosec.es



Figura 34.

- Un cop enllestit el revestiment exterior, es va restituir l'òcul central original (fig. 34).
- Posteriorment es va procedir a la retirada de l'apuntament interior (fig. 35).



Figura 36.

- Per finalitzar, es van retirar les bastides exteriors (fig. 36).

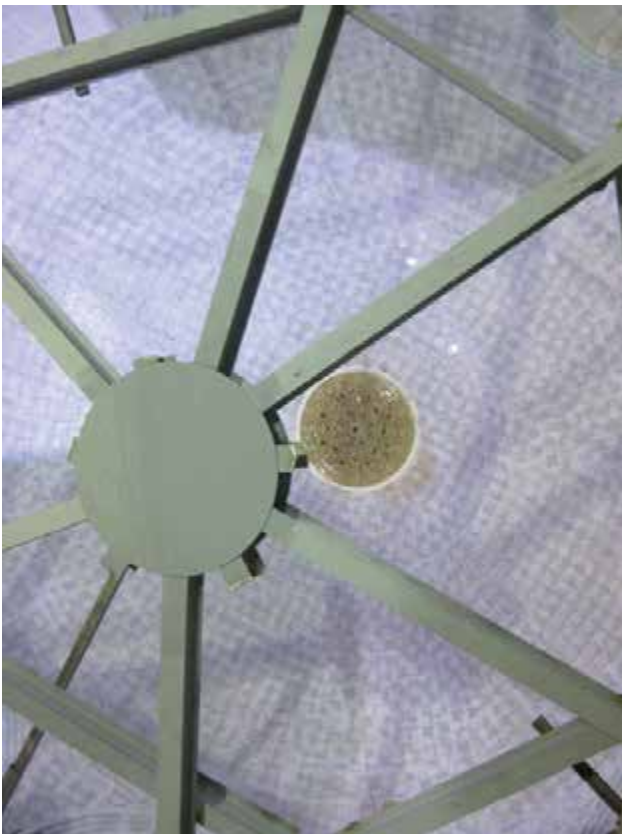


Figura 35.



4 Consolidación de terreno mediante inyecciones de resina expansiva en obras de patrimonio

La Iglesia de la Inmaculada (Las Inviernas, Guadalajara)

Oficina técnica de Geosec

La utilización de inyecciones de resina expansiva de poliuretano mediante la técnica SEE&SHOOT® es un método eficaz, dinámico, rápido y de baja invasividad para el recalce de cimentación en edificios de patrimonio histórico.

UBICACIÓN

Las Inviernas es un municipio de la provincia de Guadalajara (Comunidad autónoma de Castilla-La Mancha) (fig. 1).

La villa de Las Inviernas está situada en un abanico en el margen derecho del arroyo San Roque, afluente del río Tajuña (fig. 2).

CONTEXTO GEOLÓGICO

Se sitúa en la parte NE de la Cuenca de Madrid, constituido por un basamento granítico y por rocas metamórficas del Sistema Central (fig. 3).



Figura 1. Ubicación de Las Inviernas (Guadalajara).



Figura 2. Vista de la iglesia de la Inmaculada.

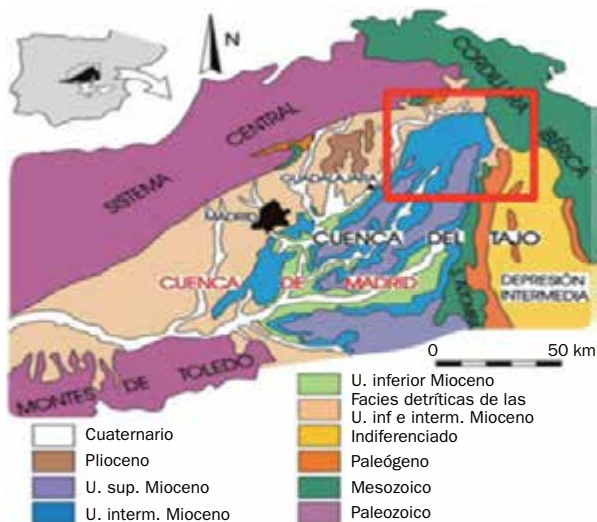


Figura 3. Contexto geológico general de la parte NE de la Cuenca de Madrid.

La estratigrafía general de dicha área, presenta discordancia de los depósitos terciarios sobre los materiales más antiguos que constituyen el borde de la Cuenca (fig. 4).

La geología de la zona está caracterizada por un abanico aluvial del Mioceno.

Posee un espesor máximo de 70 m, caracterizado por la presencia de depósitos basales con clastos de

6-8 cm, con presencia de gravas masivas, arenas, intercalados entre niveles lutíticos.

Se registra también la presencia de calizas con una potencia aproximada de alrededor de 50 cm.

Los depósitos se muestran bien estratificados y poseen un color rojo.

SISTEMA CONSTRUCTIVO

La iglesia es una muestra del estilo románico de la provincia de Guadalajara, del siglo XII.

Se realizaron reparaciones en el siglo XVI tras los destrozos sufridos en la guerra civil.

Se encuentra situada dentro del casco histórico del pueblo.

La planta es de una de sola nave con transepto rematado en capillas rectangulares y cabecera también de testero recto (fig. 5).

La iglesia posee una estructura de cimentación continua compuesta por mampuesto de piedra. La superestructura se presenta con paramentos exteriores a base de piedra escuadrada en las esquinas, ventanas y espadaña, con sillarejos en la restante parte (figs. 6 y 7). Los paramentos interiores han sido

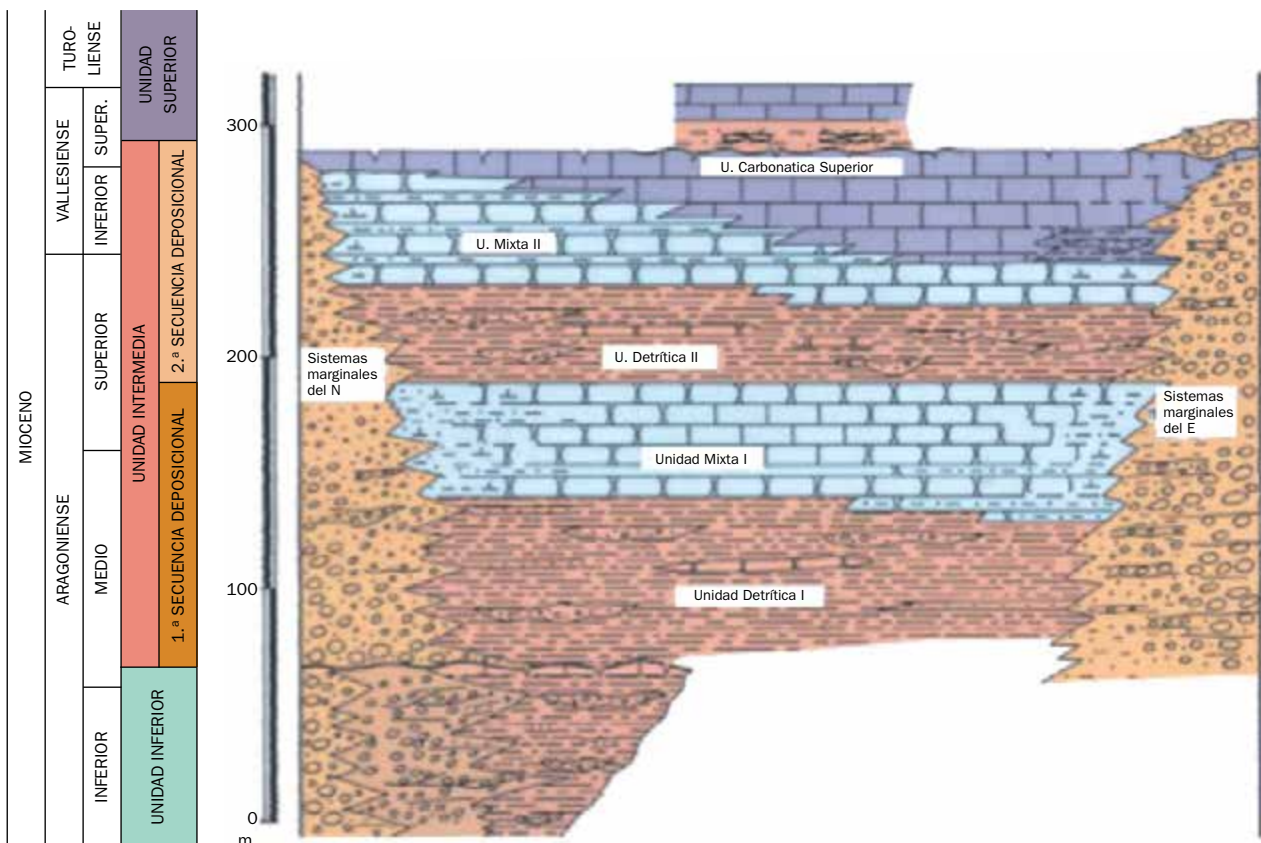


Figura 4. Estratigrafía general de la parte NE de la Cuenca de Madrid.

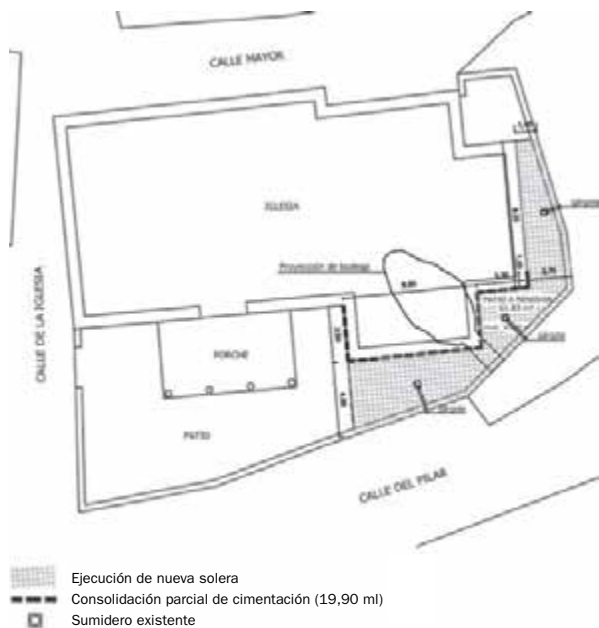


Figura 5. Planta general de la iglesia.

puestos en obra con yeso blanco, a excepción del crucero donde se detectan las esquinas con cara vista de sillarejos.

Los techos poseen una bóveda de cañón en la nave de crucero y una cúpula. La cubierta está compuesta con vigas de madera y tejas viejas.



Figura 6. Vista de la portada románica.



Figura 7. Vista particular del arco y sus tres arquivoltas.

Fijaciones para proyectos constructivos industriales



Consultoría y servicio técnico

www.fator.es

30
AÑOS
FATOR



Pernos estructurales de alta resistencia para precarga EN 14399-1, sistemas HV y HR e Indicadores Directos de Tensión

Importante también la presencia de la portada románica en el muro sur, formada por cuatro pilares jónicos de piedra caliza con capiteles y un arco de medio punto resuelto con tres arquivoltas rodeadas de chambrana (figs. 6 y 7).



Figura 8. Patología en los paramentos exteriores.



Figura 9. Patología en los paramentos interiores.



Figura 10. Patología producida por asentamiento diferencial vertical de cimentación.

PATOLOGÍA MANIFESTADA

El edificio estaba sujeto a un proceso patológico importante, con la presencia de lesiones y grietas producidas en los paramentos exteriores cuanto en los interiores.

Las causas de la patología se pueden clasificar en dos categorías:

1. **Estructural y falta de conservación**, debido a causas físicas, mecánicas y químicas. Su localización se detecta en fachada con inicio en las partes altas de los paramentos que en ocasiones llegan hasta la cimentación (figs. 8 y 9).
2. **Asentamiento diferencial de cimentación**, debido a la deformación y variación del estado físico y mecánico del terreno infrayacente a la cimentación. La patología debida al asentamiento diferencial vertical de la cimentación ha producido la separación de varios sillares del paramento (fig. 10).

SOLUCIÓN ADOPTADA Y EJECUCIÓN DE LA INTERVENCIÓN

A cabo del estudio de patología y de las causas de los asentamiento, la dirección facultativa ha elegido como solución para la consolidación del terreno de cimentación, mediante inyecciones de resina expansiva mediante el método SEE&SHOOT®, que prevé la caracterización previa del terreno mediante tomografía de resistividad eléctrica ERT 4D $f(x, y, z, t)$ y ensayos de penetración dinámica DPM30.

La intervención se ha llevado a cabo, planificando una actuación que incluyese tanto la zona objeto de asentamiento cuanto la zona no afectada por patología, con medidas realizadas en modalidad polo-dipolo (fig. 11). Gracias a la diagnosis geofísica eje-



Figura 11. Planta de la intervención.

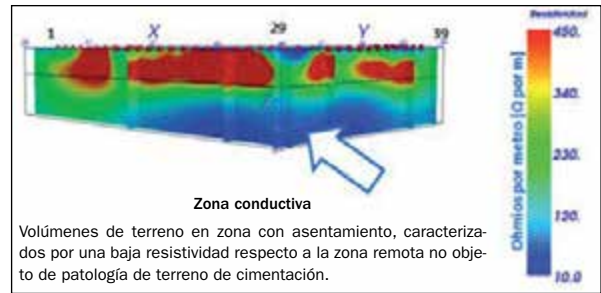


Figura 12. Electrical Tomography Imaging Pre-Intervención.

cutada previamente a la intervención por medio de la tomografía de resistividad eléctrica ERT 3D $f(x, y, z)$ (fig. 12), se ha podido:

- Identificar la estructura de cimentación.
- Revelar las causas del asentamiento, cual un alto contenido de humedad y presencia de huecos bajo la cimentación derivadas de la retracción del terreno.

La tomografía, ha permitido orientar con precisión las inyecciones a los volúmenes de terreno afectado y controlar el emplazamiento de la resina e interacción con el medio.

Las perforaciones han sido realizadas con la siguiente modalidad exclusivamente en la zona exterior con diámetro de 2,5 cm.

FONAMENTS ESPECIALS EN PETITS ESPAIS

Treballem en condicions molt estrictes d'espai



Certificat núm. ES11/9905 de compliment dels requisits de la Norma ISO 9001:2008.

Membre protector de l'associació de consultors d'estructures.

Màxima classificació com a contractista d'obra per l'administració amb categoria K02E de "Sondeos inyecciones y pilotajes", i la categoria K01D de "Cimentaciones especiales".

Visita'ns a www.2pe.biz

93 763 26 99 / 660 484 072. Mail: 2pe@2pe.biz
Av. Maresme 9. 08396 Sant Cebrià de Vallalta.



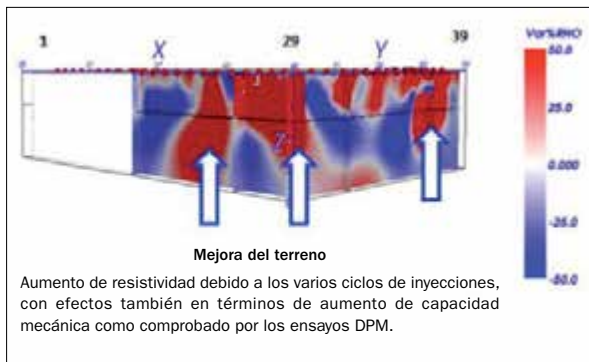


Figura 13. Electrical Tomography Imaging Intermedia.

Las inyecciones de resina expansiva han sido ejecutadas en varios niveles en el bulbo de presión, a la profundidad de $z = -2,20$ m, $-2,70$ m, $-3,20$ m, $-3,70$ m.

Gracias a la tomografía eléctrica 4D $f(x, y, z, t)$, se ha podido llevar a cabo un control constante durante la intervención, comprobando la homogeneización del terreno y los efectos de las inyecciones.

La mejora de resistividad (fig. 13), detectada durante la intervención, ha sido verificada conjuntamente mediante una mejora de las características mecánicas del terreno, aumento de resistencia en una comparativa *pre-post* intervención, por medio

de los ensayos de penetración dinámica DPM30 (fig. 14).

Los beneficios detectados en términos de características químico-físico del terreno, son los siguientes:

- Restablecimiento del contacto cimentación-terreno.
- Disminución de la presencia de humedad del terreno.

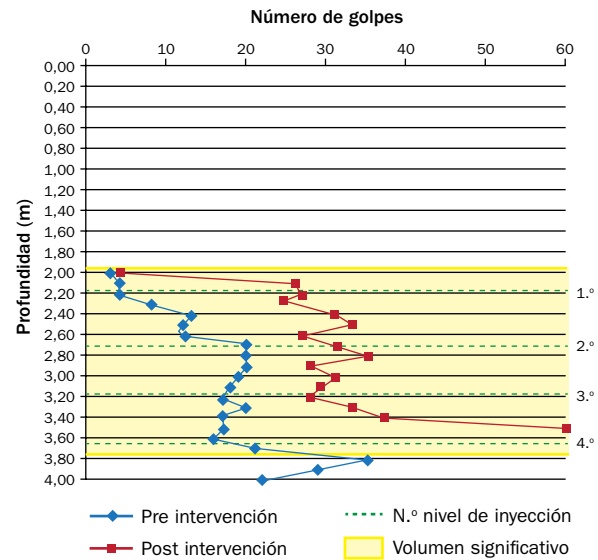


Figura 14. Comparativa DPM pre y post intervención.



AHORA CON LA NUEVA CHARFLAME, LA GAMA MÁS COMPLETA DE PINTURAS PARA PROTEGER ESTRUCTURAS CONTRA EL FUEGO

PERLITA
Y VERMICULITA

Charflame

Nullifire

carboline
Coatings - Linings - Fireproofing



Fábrica

Polígono Can Prunera: C/ Garraf s/n
08759 Vallirana, Barcelona
Tel. +34 93 683 44 00
Fax. +34 93 683 44 01

Oficinas centrales

C/ Muntaner 400 Bajos izquierda
08006 Barcelona
Tel. +34 93 209 60 19
Fax. +34 93 240 50 51
info@perlitayvermiculita.com
www.perlitayvermiculita.com

5 Hablemos de sismos

Josep Baquer

SITUADOS EN EL PLANETA TIERRA

Todos sabemos que la Tierra es un planeta dinámico, pero esto acostumbramos a recordarlo solo cuando nos enteramos que la Tierra, en un lugar u otro, ha temblado o cuando un volcán dormido se despierta o cuando un tsunami arrastra y destruye todo lo que encuentra tierra adentro.

No hace mucho, a todos nos sorprendió el terremoto de Lorca. Hubo víctimas mortales, muchas personas heridas y muchos daños materiales. Se considera que más del 60% de los edificios maltrechos tendrán que ser derribados. Todo ello nos ha hecho sentirnos muy pequeños frente a las fuerzas de la natu-



Figura 1.

raleza. Desde el primer momento, según se nos ha informado, la solidaridad humana fue eficaz y también la actuación pericial de los técnicos (fig. 1).

Estos acontecimientos imprevistos y de consecuencias inmediatas tan graves, propician la formulación de interrogantes de todo tipo, como por ejemplo: ¿y a nosotros, nos podría ocurrir lo mismo? ¿se puede llegar a prever un terremoto? ¿y si en alguna ocasión tuviéramos que sufrir un terremoto, cómo afectaría a nuestros edificios? ¿y la norma sísmica: se cumple?

La verdad es que estos interrogantes no tienen una respuesta sencilla y clara. La sismología como ciencia física de la Tierra ha avanzado mucho desde finales de los sesenta, pero todavía le queda mucho camino por andar.

Dejamos de momento las preguntas y remontamos el río aguas arriba. ¿Dónde estamos situados?

La península Ibérica está situada en la zona de influencia directa del contacto entre las placas Euroasiática y Africana (fig. 2).

Se trata de un contacto complejo, y sus características varían de un lugar al otro del Mediterráneo. Así, existen zonas de compresión, donde se produce subducción entre las placas (como es el caso del arco helénico), pero también hay zonas donde se produce distensión. La interacción entre las dos grandes placas mencionadas constituye el motor tectónico de la



Figura 2. Distribución superficial de las placas litosféricas.

Escala de Mercalli	Escala de Richter
I. Casi nadie lo ha sentido. II. Muy pocas personas lo han sentido.	2,5 En general no sentido, pero registrado en los sismógrafos.
III. Temblor notado por mucha gente que, sin embargo, no suele darse cuenta de que es un terremoto. IV. Se ha sentido en el interior de los edificios por mucha gente. Parece un camión que ha golpeado el edificio. V. Sentido por casi todos; mucha gente se despierta. Pueden verse árboles y postes oscilando.	3,5 Sentido por mucha gente.
VI. Sentido por todos; mucha gente corre fuera de los edificios. Los muebles se mueven, pueden producirse pequeños daños. VII. Todo el mundo corre fuera de los edificios. Las estructuras mal construidas quedan muy dañadas; pequeños daños en el resto.	4,5 Pueden producirse algunos daños locales pequeños.
VIII. Las construcciones especialmente diseñadas dañadas ligeramente, las otras se derrumban. IX. Todos los edificios muy dañados, desplazamientos de muchos cimientos. Grietas apreciables en el suelo.	6,0 Terremoto destructivo.
X. Muchas construcciones destruidas. Suelo muy agrietado.	7,0 Terremoto importante.
XI. Derrumbe de casi todas las construcciones. Puentes destruidos. Grietas muy amplias en el suelo. XII. Destrucción total. Se ven ondulaciones sobre la superficie del suelo, los objetos se mueven y voltean.	8,0 Grandes terremotos. o más

Figura 3.

zona mediterránea¹. A partir de los estudios sísmicos, se han dibujado los mapas de intensidad sísmica máxima asociada a un determinado período de retorno previsible para cada zona del planeta. Concretamente, disponemos del mapa sísmico o de peligrosidad sísmica de España, en que las isosistas delimitan las fronteras entre las diversas áreas de nivel o grado de peligrosidad².

CÓMO SE MIDE UN TERREMOTO

Básicamente hay dos conceptos: la «intensidad» y la «magnitud». Dos conceptos concurrentes pero que no son del todo o fácilmente relacionables (fig. 3).

La **intensidad** mide los efectos del temblor ocasionado por las ondas que se propagan desde el foco (el punto de la falla que ha hecho movimiento) hasta

llegar a la superficie de la corteza de la Tierra en un lugar concreto. A pesar de que los daños se cuantifican de acuerdo con una escala de doce grados (Mercalli, EMS98, etc.) en realidad se trata de una evaluación cualitativa. A partir de los conocimientos históricos y de los estudios sismológicos modernos desde que hay observatorios sísmicos, teniendo en cuenta la distancia focal más plausible, la amortiguación de las ondas que se propagan por la roca y muchos otros datos incluso de la experiencia, se llega a zonificar la superficie de la litosfera, es decir, la superficie de la Tierra, según la intensidad de los daños que cabe esperar si en un lugar concreto se produjera un terremoto.

La **magnitud del seísmo** mide la energía que se libera en las fallas debido al movimiento y roce entre placas. Por lo tanto, se trata de una evaluación cuantitativa, que depende de la dimensión de la falla y de su desplazamiento. Esta magnitud se determina a partir de registros sísmicos. La medida clave es la magnitud del momento sísmico³ (M_w) en el origen o foco

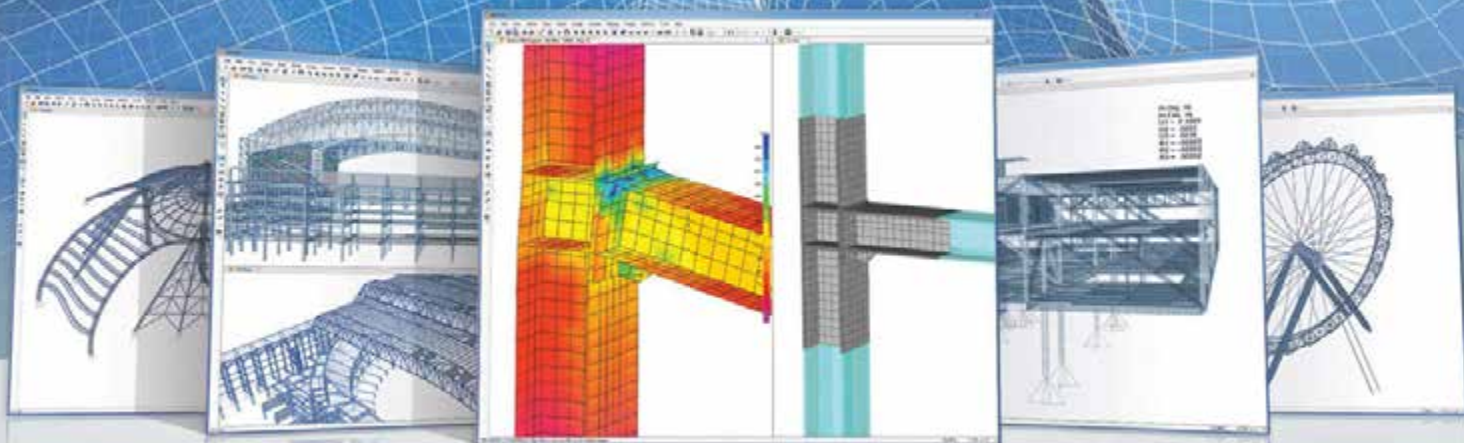
¹ Recomiendo la ponencia del profesor Dr. Julio Mezcus Rodríguez: *Sismicidad del Mediterráneo occidental*. XXVII Semana de estudios del mar. Se plantea la posibilidad de que hayan tsunamis en nuestras costas orientales. La conclusión es afirmativa, y alerta por el hecho de que en España todavía no hay ningún sistema de alerta para tsunamis.

² Consultar NCSE-02.

³ M_w es la función del momento sísmico (M_0) que es el producto del módulo de rigidez o de cizallamiento, del desprendimiento de la falla y del área del segmento desplazado. También se denomina «tensor del momento sísmico».

SAP2000[®]

MODELADO Y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS A TRAVÉS DE ELEMENTOS FINITOS



FIABILIDAD Y ROBUSTEZ DE UN MOTOR DE CÁLCULO DESARROLLADO Y AMPLIADO A LO LARGO DE MÁS DE 40 AÑOS

- Análisis no lineal, material y geométrico
- Elementos sólidos, barra, pretensados, catenaria y elementos shell no lineales
- Efectos de retracción, fluencia, envejecimiento y relajación
- Elementos específicos para modelizar comportamientos de contacto, rigidez multi-lineal, fricción, comportamiento histerético y aisladores de base
- Excelencia en análisis dinámicos, secuencia constructiva, pretensado y secuencia de análisis
- Solvers de 32 y 64 bits con algoritmos de factorización de matrices rápidos y eficientes para modelos de grandes dimensiones

INTERFAZ DE UTILIZACIÓN SENCILLO, TRANSPARENTE Y CON RÁPIDA CURVA DE APRENDIZAJE

- Programa de elementos finitos genérico con multitud de aplicaciones
- Contacto directo y continuo con los conceptos numéricos más complejos asociados al proceso de modelado
- Herramienta sencilla de utilizar para resolver y aprender modelado a través de elementos finitos
- Procesos de utilización sencillos y flexibles permiten tirar partido de los análisis no lineales y secuencias constructivas en un ambiente robusto

DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS

- Dimensionamiento de estructuras de hormigón armado, perfiles metálicos, de aluminio y conformados en frío
- Dimensionamiento a través de las normativas Europeas, Americanas, Canadienses, Turcas, Indias, Chinas, y otras
- Dimensionamiento automático de acuerdo con los Eurocódigos 2, 3 y 8
- Comprobación de la capacidad resistente del nudo viga-pilar de acuerdo con el Eurocódigo 8

INTEROPERABILIDAD CON OTROS PROGRAMAS Y FORMATOS. ALGUNOS EJEMPLOS

- Edición interactiva del modelo a través del Excel y archivos de texto
- Exportación e importación de archivos AutoCAD
- Exportación e importación de modelos Revit
- Exportación e importación de archivos IFC
- Exportación e importación de modelos Tekla Structure
- Exportación de reportes de cálculo para Word

OTRAS HERRAMIENTAS AVANZADAS

- Optimizador estructural para determinación de las acciones óptimas en la estructura en función de la respuesta deseada
- Acceso a través del API para creación de pre y pos-procesadores
- Posibilidad de pos-procesar esfuerzos en el modelo a través del API y enviar los resultados de nuevo a SAP2000 para analizarlos

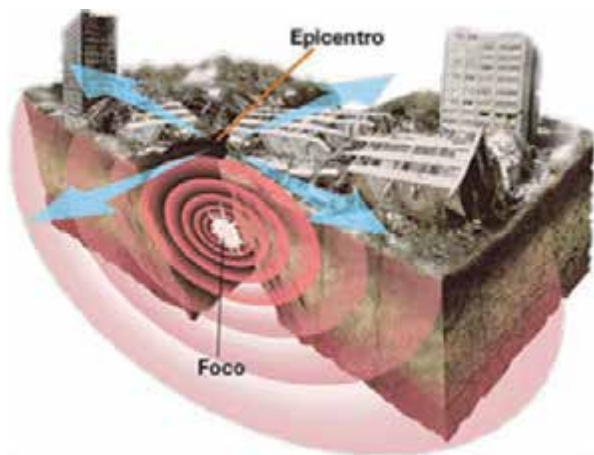


Figura 4.

del movimiento. Se considera el concepto «momento» porque el movimiento entre dos masas que están en contacto comporta que dos fuerzas resultantes de sentido y dirección opuestas, situadas entre sí a una determinada distancia, se desplacen generando por tanto un par de fuerzas⁴. La energía liberada se convierte en calor y en ondas que se propagan por el sólido hasta llegar a la superficie. Por el hecho de que diferentes tipos de ondas se desplacen a través del medio pétreo de la corteza de la Tierra, se puede medir otros parámetros como por ejemplo la magnitud de las ondas internas (m_b), la magnitud de las ondas superficiales (M_s) y la magnitud local⁵ (M_l).

La intensidad máxima que puede tener un terremoto en un punto determinado, a partir de lo que decía más arriba, se puede prever (con varios grados de incertidumbre) evidentemente, y así se hace constar en los «mapas sísmicos» correspondientes. Cuando se produce un terremoto, por sus efectos se puede valorar el «grado de intensidad» que ha tenido. Ahora bien, la magnitud del seísmo y la localización del foco⁶ donde se ha producido el movimiento, solo se sabe a posteriori a partir de los datos registrados en los sismógrafos. Puede ocurrir, que las previsiones sitúen la localización más probable del foco o hipo-

⁴ De hecho, este roce entre masas, provoca una deformación elástica, proporcional por lo tanto a la tensión, hasta que llega al límite de rotura. En la fase elástica se produce acumulación de energía que se libera bruscamente al llegar a la fase de rotura. La redistribución de tensiones es la que provoca réplicas, hasta que vuelve a iniciarse el proceso cíclico de acumulación de energía.

⁵ Se recomienda consultar el curso que dio el profesor Dr. José Ramón Martínez Catalán, en noviembre de 2007: Fórmulas de sismología. 5.º Curso de Ingeniero Geólogo, Universidad de Salamanca.

⁶ El foco o **hipocentro**, es el punto de la falla concreta donde se ha producido el movimiento entre placas, el **epicentro**, es el punto en superficie, proyección en planta del punto focal, es por tanto, el punto de la superficie más cercano al hipocentro.

centro, en un punto determinado de la falla, y por lo tanto a una distancia presumible, pero que el punto concreto del foco se localice en una posición mucho más cercana. En tal caso, a pesar de que la magnitud del momento sísmico (M_w) hubiera sido inferior de lo que habría cabido esperar, el hecho de que la distancia fuera menor de lo previsible, conllevaría que la amplitud de las ondas superficiales fuera más elevada. El caso de Lorca parece que ha sido precisamente este: una *magnitud* no excesiva (podríamos decir «previsible»), pero una distancia del foco a la población afectada relativamente corta⁷ (fig. 4).

Las ondas que se han transmitido por el sólido pétreo (y que han ido perdiendo energía por el camino) llegan con una determinada amplitud a la superficie de la corteza. Pero la amplitud de las ondas puede alterarse (incrementarse) cuando hay sedimentos y/o capas freáticas entre la roca básica y la superficie en la que hay vida y población humana. Por eso siempre hay que verificar el terreno sobre el cual se ha edificado o se prevé edificar, sobre todo si es sedimentario o hay capas freáticas, como suele ocurrir en la mayoría de valles y llanuras de nuestra geografía.

Cuando llega una onda, cada punto del terreno superficial oscila siguiendo las **leyes del desplazamiento armónico** con una determinada amplitud (desplazamiento máximo de una partícula afectada por la onda), con una determinada frecuencia (número de ondas que pasan por un punto en un segundo), de acuerdo con un período (tiempo que tarda una onda en pasar por un punto). Esta oscilación de un punto concreto del terreno, llega a adquirir una velocidad punta y una aceleración punta. Estos datos (situación pésima) «previsibles» a partir de la zonificación que establecen los mapas sísmicos y a partir del parámetro «intensidad», son los que habrá que tener en cuenta a la hora de proyectar un edificio en un lugar concreto.

Lo que más afecta a los edificios y construcciones en general es la **componente horizontal de la aceleración**⁸ en la superficie del terreno. Lo que interesa pues es prever con la aproximación más exacta posible como se moverá el terreno en sentido horizontal: la velocidad punta y la aceleración punta al paso

⁷ En Lorca, la tarde del día 11/05/11, hubo un sismo y dos réplicas. El epicentro de la primera réplica a 2,9 km. Los parámetros procesados más elevados fueron los de la primera réplica: aceleración punta dirección NS 360 cm/seg², y velocidad punta en la misma dirección 35,7 cm/seg. Magnitud momento sísmico $M_w = 5,1$. Se considera una intensidad máxima en la escala de Richter de VII.

⁸ Evidentemente la aceleración tiene también una componente vertical, que se considera del orden de 2/3 de la horizontal. Esto tiene importancia a la hora de prever los efectos de una vibración sísmica en cuerpos con voladizos de las construcciones.

THE WORLD OF MAPEI.

TRANSFORMAMOS UN MUNDO DE PEQUEÑOS Y GRANDES SUEÑOS EN REALIDAD

En su casa. En la oficina, en el banco. En la escuela de su hijo. En las iglesias y teatros de la ciudad. A lo mejor no lo conoce, pero aquí, como en los logros más importantes de la ingeniería civil en el mundo, usted puede encontrar la misma calidad de Mapei. Una cualidad única en una amplia gama de productos capaces de satisfacer las necesidades de cualquier proyecto, grande o pequeño. Con la misma eficiencia, con la misma facilidad de uso. Mapei, una línea de productos innovadores, desarrollados gracias a 18 centros de investigación del Grupo, para que cada día pueda convertirse en realidad un mundo de sueños. Descubra nuestro mundo: www.mapei.es

PRODUCTOS PARA CERÁMICA Y MATERIALES PÉTREOS

PRODUCTOS PARA RESILIENTES Y TEXTILES

PRODUCTOS PARA PARQUET

PRODUCTOS PARA PAVIMENTOS CONTÍNUOS, CEMENTOSOS Y DE RESINAS

PRODUCTOS PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO

PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

PRODUCTOS PARA EL REFUERZO ESTRUCTURAL

PRODUCTOS PARA EL SANEAMIENTO DE EDIFICIOS DE ALBAÑILERÍA

PRODUCTOS PARA EL AISLAMIENTO TÉRMICO

PRODUCTOS PARA ACABADOS MURALES

PRODUCTOS PARA LA IMPERMEABILIZACIÓN

SELLADORES Y ADHESIVOS ELÁSTICOS

ADITIVOS PARA HORMIGÓN

PRODUCTOS PARA CONSTRUCCIÓN SUBTERRÁNEA

ADITIVOS DE MOLIENDA



de la onda. El otro factor determinante, será la duración del movimiento. Por razones obvias, una aceleración alta en una fracción de segundo no es tan perniciosa como una aceleración menor aplicada sobre un período largo.

Hay que tener en cuenta que «el movimiento del terreno durante un terremoto produce oscilaciones que no son de un solo período de vibración, razón por la cual, los parámetros con que representamos el movimiento del terreno y que cuantifican la peligrosidad sísmica tienen que reflejar además de los valores máximos, los períodos en que se producen estos valores máximos y que se denominan valores espectrales»⁹.

Los terremotos tienen un **carácter cíclico**. Una vez liberada la energía ocasionada por el roce entre placas y las deformaciones correspondientes, transcurre un tiempo hasta que se vuelve a acumular la energía que permitirá producir un nuevo desplazamiento entre placas.

En este sentido, los sismólogos estudian el historial de los movimientos de las placas, para ir acotando cada vez con más precisión la **probabilidad de que haya un terremoto**. Este es un parámetro que se usa para hacer mapas regionales de contornos de riesgo sísmico, y representa el 10% de probabilidad de que un terremoto exceda una determinada aceleración en un intervalo de tiempo de pocas décadas. El intervalo de referencia acostumbra a ser de 50 años y los contornos se fijan para aceleraciones básicas $a_b \geq 0,4 g$: se trata del *período de retorno* (T_R) para una aceleración determinada.

Esto tiene relación con el concepto de vida útil que el CTE contempla en los DB referentes a los proyectos. La vida útil es el intervalo de tiempo, en años, durante el cual se calcula que tiene que estar operativa y en servicio una construcción o una estructura. *El nivel de riesgo sísmico de emplazamiento*, es la probabilidad de que una aceleración sea igualada o superada al menos una vez durante la vida útil de la construcción o estructura expresada en años. Se llama, la *probabilidad de excedencia* durante la vida útil¹⁰.

CONSTRUCCIÓN Y SEÍSMO

Cuando se produce un seísmo, la base de cualquier edificio o construcción tiende a seguir el movimiento del terreno afectado por las ondas sísmicas, mientras que por inercia, la masa del edificio se opone a

ser desplazada. La flexibilidad de la estructura hace que esta vibre de forma muy diferente a la del terreno en que se apoya. Por eso, las fuerzas que se inducen a la estructura no son solo función del movimiento del terreno, sino que dependen, de forma muy importante, de las propiedades dinámicas de la propia estructura. Cuando los movimientos del terreno son bruscos, con predominio de ondas de período corto, resultan más afectadas las construcciones rígidas y pesadas. En cambio, cuando el movimiento del terreno es lento, con períodos dominantes largos, se producen más ampliaciones de las vibraciones en las estructuras más esbeltas.

Hay que tener muy en cuenta, la calidad de las capas del subsuelo ya que su deformación (como es el caso de las arcillas con limos, o la existencia de capas freáticas) pueden incrementar mucho la aceleración básica prevista. Por eso, al diseñar las estructuras de los edificios se considera la *aceleración de cálculo*¹¹ (a_c) que contempla los factores que incrementan la amplitud de las ondas cuando pasan desde el medio pétreo a través de las diferentes capas sedimentarias hasta llegar a la superficie.

LA NORMATIVA SÍSMICA

En España, de hecho, disponemos de normativa sísmica desde el año 1994 (NCSE-1994). Esta norma se ha actualizado en el año 2002 (NCSE-2002). Estamos hablando pues de menos de veinte años. Es verdad que habían existido unas normas anteriores menos estrictas (1962, 1968, 1974). La investigación técnico-científica sobre sismología es muy activa, cada vez dispone de más datos y sistemas de prospección que permiten avanzar en conocimientos e ir acotando los grados de incertidumbre en los cálculos y predicciones de peligrosidad sísmica. Esto permite la actualización constante de los mapas sísmicos y el estudio de detalle de las diversas regiones sísmicas del planeta.

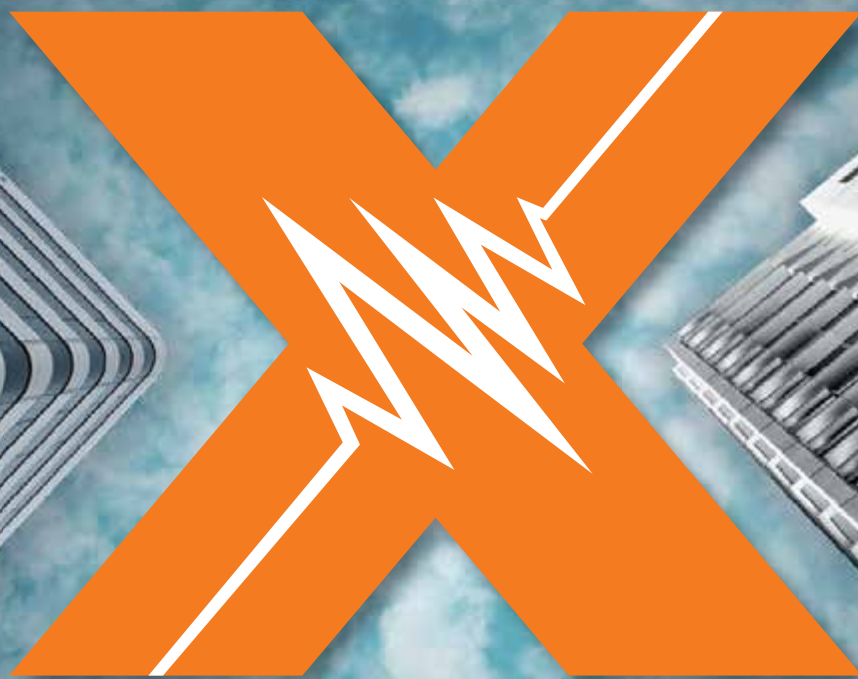
La norma se plantea un **objetivo**. Según afirma la norma vigente (2002) *la finalidad última* de estos criterios es la de evitar pérdidas de vidas humanas y reducir el daño y el coste económico que puedan originar los terremotos futuros (1.1). Por lo tanto, la norma no prevé ni puede prever que «no pase nada» en las construcciones cuando se produzca un sismo, sino que facilita herramientas de cálculo y de diseño es-

⁹ A. Ugalde (coordinadora) «Terremotos: cuando la Tierra tiembla», colección Divulgación, CSIC, Los libros de la Catarata, 2009.

¹⁰ En Cataluña y en el punto más desfavorable, se considera una probabilidad de excedencia de 500 años.

¹¹ La aceleración de cálculo tiene en cuenta un coeficiente adimensional de riesgo, que es función de la probabilidad de que la aceleración básica exceda de la prevista en el período de vida por el cual se proyecta la nueva edificación. Tiene en cuenta además el coeficiente de ampliación de la onda del terreno sobre el cual se proyecta la edificación.

BORN TO PERFORM



XTREM



FIX Z XTREM

Anclaje de alta calidad para aplicaciones de alta seguridad en hormigón fisurado y aplicaciones sísmicas con certificado ATE



TRIGA Z XTREM

Anclaje para altas cargas de alto rendimiento con diferentes opciones de cabeza en hormigón fisurado y aplicaciones sísmicas con certificado ATE



EPCON C8 XTREM

Anclaje químico Epoxi 100% puro adecuado para hormigón fisurado y aplicaciones sísmicas con certificado ATE



B-LONG XTREM

Anclaje de alto rendimiento y versatilidad, adecuado para materiales huecos y macizos y diferentes opciones de cabeza, certificado ATE



www.spitxtrem.com



C/ Murcia, 58C 08830 Sant Boi de Llobregat, Barcelona - Spain
T +34 902 102 920 F +34 936 525 359



SPIT España



@spit_es



/spiteurope

www.spit.es



tructural que habrá que aplicar y tener en cuenta para evitar colapsos que originen pérdidas humanas y para minimizar los daños que deberían ser proporcionales a las causas que los provocan.

Evidentemente, las construcciones de hace más de veinte años, se construyeron sin aplicar ninguna norma sísmica, de acuerdo con las costumbres locales, con la tradición constructiva recibida, que en general consideraba solo los esfuerzos gravitatorios. Sobre todo, en cuanto a edificios «normales» de viviendas o comerciales y de oficinas. Las construcciones más comprometidas, especialmente las del ámbito de la ingeniería civil, sí consideraban las solicitaciones sísmicas, a partir de los datos de que disponían los técnicos. En gran parte, pues, el parque de edificios y construcciones de España y de Cataluña, se proyectaron y construyeron sin considerar las posibles solicitaciones originadas por los movimientos sísmicos.

Quisiéramos suponer que las construcciones hechas estos últimos quince/dieciséis años, sí se han hecho (o se han podido hacer...) aplicando la norma sísmica. De todas formas debemos pensar que para proceder al cálculo de una estructura considerando todas las solicitaciones que la afectan (no solo las gravitatorias) es necesario disponer de medios informáticos que hace no demasiados años todavía no estaban suficientemente desarrollados. Por otra parte, no siempre las diversas administraciones urgían o estaban en condiciones de urgir el cumplimiento de la normativa, y si a esto se le añade que una estructura calculada a sismo (en zonas de aceleración básica elevada) es mucho más cara¹² que calculada solo a solicitaciones gravitatorias, tenemos una serie de ingredientes que pueden haber facilitado de hecho, el no cumplimiento eficaz de las normas, sobre todo, en los primeros años de entrada en vigor.

La norma contempla los criterios que es necesario considerar a la hora de proyectar un edificio concreto, así en lo referente al diseño como en el proceso de cálculo. En este sentido, hace referencia a los elementos directamente estructurales, y también considera «otros» elementos no directamente estructurales que participan con la estructura a efectos de

soportar las solicitaciones sísmicas (algunas divisiones interiores, o pantallas o cerramientos de fachada, etc.) y que hay que tener en cuenta a la hora de valorar por ejemplo, la rigidez del conjunto. La norma enumera unos criterios claros de diseño a tener en cuenta desde el principio de la concepción de un edificio o de una construcción en zonas de aceleración básica elevada, como las simetrías, la localización de las pantallas y elementos más rígidos, las formas en planta que evitan torsiones respecto al centro de gravedad, la contraindicación de los cuerpos volados, etc.

En la práctica, sin embargo, hay muchos elementos en las construcciones que se escapan a las previsiones de la normativa sísmica, como las excentricidades de los paramentos de fachada, o las fachadas de fábrica que se apoyan parcialmente en los forjados, o las estructuras secundarias para soportar equipos de instalaciones en las cubiertas, elementos decorativos o publicitarios, etc. Son elementos que están en los edificios y que no han sido «calculados a sismo», o elementos que se han añadido posteriormente y que nadie ha previsto qué les podría ocurrir si algún día el edificio en cuestión se pusiera a vibrar debido a un seísmo. Estos elementos podrían desprenderse y ocasionar pérdidas de vidas humanas aunque el edificio como tal no alcanzará a colapsar.

El ámbito de aplicación de la norma sísmica contempla la reforma o rehabilitación de edificios... *a fin de que los niveles de seguridad de los elementos afectados sean superiores a los que poseían en su concepción original* (1.2.1).

Entramos en un capítulo muy complejo, el de la **reforma de edificios**, porque la norma pide que se mejore la capacidad de respuesta a las solicitaciones sísmicas de los edificios existentes cuando se hacen **reformas**, cosa que no siempre es posible ni «calculable» con una dificultad asumible. Hay cosas que sí se pueden mejorar con «cierta» facilidad. En la mayoría de casos, solo hay que devolver a origen el estado del edificio, rehaciendo o reponiendo las divisiones que se han eliminado y que apean las paredes de carga, o cerrando las aberturas en las paredes que se han ido haciendo a lo largo de los años. Los edificios antiguos, de paredes de carga, edificados según las buenas costumbres constructivas de cada época, solían estar bien trabados en todos los sentidos y, por tanto, tenían una cierta capacidad de soportar las «cargas horizontales». Las intervenciones posteriores que se guiaban por un falso principio que decía que «los tabiques no trabajan y se pueden derribar» o que en las paredes de carga, si se quería ampliar las aberturas, solo había que poner un dintel más lar-

¹² Pensemos que las oscilaciones pueden invertir el sentido de las solicitaciones en los elementos estructurales: es decir, allí donde había momentos positivos en estado de cargas gravitatorias, puede haber momentos negativos al entrar en juego las cargas sísmicas y al revés, lo que conlleva a veces, en el caso del hormigón armado, el hecho de tener que prever armados casi simétricos en las vigas con lo que ello conlleva de incremento de cuantía de acero por m² de estructura. El armado de cortantes es esencial para poder absorber las solicitaciones sísmicas, armado que se incrementa mucho respecto a lo que necesitaría solo considerando las cargas gravitatorias, etc.



LÍDER EN POSTESADO PARA EDIFICACIÓN



- Espacios diáfanos (luces desde 8 a 30 metros)
- Grandes cargas (i.e. naves industriales y cubiertas de aparcamientos)
- Grandes luces (i.e. cubiertas de polideportivos) y grandes voladizos
- Forjados colgados y losas de transferencia/apoyo



go; estas intervenciones digo, seguro que han hecho mermar la capacidad de respuesta de los edificios frente a posibles sollicitaciones sísmicas.

De todas formas, no hay que engañarse, en la mayoría de los casos de edificios de más de 30 años, resulta casi imposible de mejorar su capacidad de respuesta adecuada a posibles vibraciones sísmicas, a no ser que se modifique radicalmente el sistema estructural, lo que no siempre es posible ni aconsejable. Pensemos que la mayoría de edificios «antiguos» de paredes de carga, tienen una isostaticidad estructural clara. A menudo, las paredes de carga de las plantas altas descansan sobre jácenas apoyadas isostáticamente encima de pilares de fundición o de piedra, o bien encima de paredes con arcos y bóvedas.

Pensemos también en los edificios de finales de los sesenta cuando se impuso el sistema de forjados con vigas planas y pórticos solo en una dirección, o los primeros forjados reticulares sin armadura inferior en los capiteles, etc.

Sin embargo, creo que tenemos por delante un reto técnico para afrontar este aspecto en las obras de reforma integral de los edificios existentes.

UN VISTAZO A NUESTRO MAPA SÍSMICO

Si estoy escribiendo este artículo es porque no hace mucho tiempo que en Lorca ocurrió lo que todos sabemos. Lorca tenía una previsión de aceleración básica de 0,12 g, situada en la zona de riesgo sísmico más elevada de España (sector de Granada-Murcia). Los sismógrafos sin embargo, registraron una aceleración básica superior a la esperada¹³ (fig. 5).

En Lorca la mayoría de edificios habían sido construidos antes de la publicación de la norma sísmica, y al parecer, algunos edificios de estructura de hormigón que deberían haber sido diseñados y construidos de acuerdo con la normativa vigente, no se habrían construido como debieran y colapsaron. Por los datos que van llegando, parece que los edificios más castigados han sido los construidos en los años sesenta. Es

¹³ Algunos dicen que se triplicó y hablan de una aceleración básica de 0,367 g. Probablemente este dato no se refiere a la aceleración básica sino a la de cálculo que contemplaría ya la amplificación de onda que pasa por terrenos más blandos.

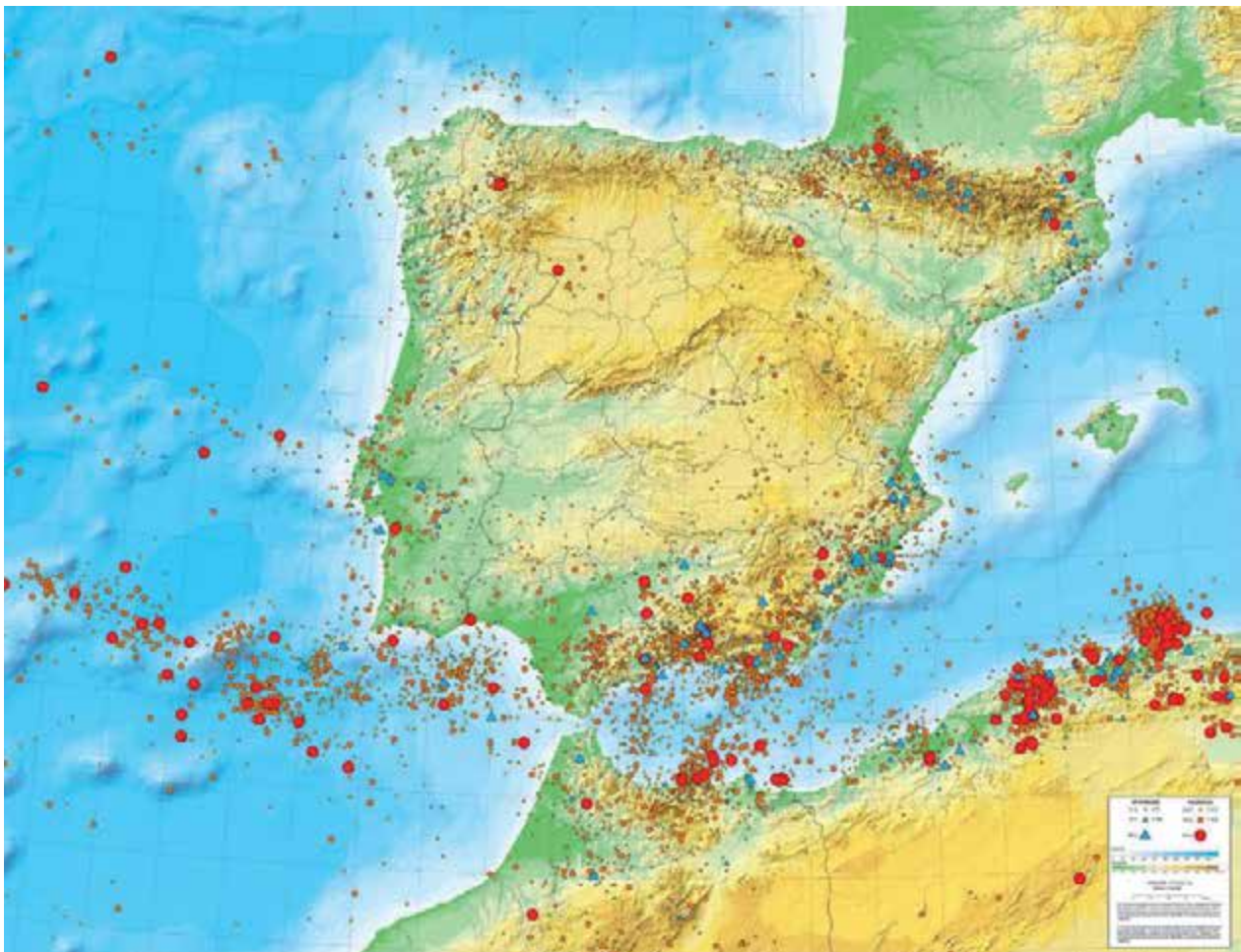


Figura 5.



Figura 6.

evidente que si Lorca se hubiera edificado toda ella con la normativa sísmica del 94 o del 02, habría sufrido daños, pero no de la envergadura de los que ha habido (fig. 6).

En Cataluña tenemos un escenario de peligrosidad relativamente moderado. El Instituto Geológico de Cataluña, ha hecho un estudio bastante completo de la ampliación del movimiento sísmico debido a los suelos blandos de los que hablaba más arriba y propone una determinada clasificación geotécnica de cuatro tipos, con base a la que ha establecido la distribución de los edificios de cada municipio en clases de vulnerabilidad, y cada municipio ha sido catalogado de vulnerabilidad alta (25% de municipios), media (569 municipios) o baja (374 municipios). No me extiendo porque se puede consultar el estudio en el IGC¹⁴.

Los niveles más altos de sismicidad están localizados básicamente en el sector del Ripollès y Garrotxa en la que muchos municipios tienen una previsión de aceleración básica de 0,11 g (inferior a la que el

mapa sísmico consideraba hasta ahora en Lorca). Las zonas de previsión más baja se sitúan en dirección Sur y hacia poniente pasando por el Barcelonès (0,4 g)¹⁵.

Es evidente que el mapa sísmico se debe ir actualizando a partir de los nuevos datos y de los nuevos seísmos registrados, introduciendo las enmiendas pertinentes, y es evidente que hay que ir mejorando aún más el estudio y aplicación de nuevos materiales que permitan alcanzar una mayor ductilidad estructural en las nuevas construcciones.

PARA TERMINAR

Los científicos y los técnicos lamentamos como humanos que somos, las desgracias ocasionadas por los movimientos sísmicos, y concretamente por lo ocurrido en Lorca últimamente. Pero sabemos que cada nueva vibración registrada en los sismógrafos y el estudio de campo sobre los edificios afectados, son una fuente valiosa de datos de cara a la investigación, que deberá permitir mejorar la seguridad frente a la peligrosidad sísmica.

La técnica en la concepción estructural de los edificios y de las construcciones, en general, ha mejorado mucho estos últimos veinte años, pero por mucho que mejore la investigación y la técnica, nos seguiremos moviendo en un campo estadístico en el que consideraremos la sismicidad de forma «probabilista» ajustando coeficientes. Poco a poco, podremos acotar mejor los problemas que se nos planteen e iremos mejorando los sistemas de diseño y de construcción. Por eso, nunca podremos olvidar el riesgo real de que se produzca un terremoto en las regiones de peligrosidad sísmica más elevada, y que una vibración sísmica, según la magnitud, puede acarrear daños materiales y humanos.

Por otra parte, entiendo que la solución frente a los desastres como es el caso de los efectos causados por un sismo severo como el de Lorca, no pasa por la búsqueda de «culpables», sino por activar el sentido de responsabilidad de todos los agentes implicados en el campo de la edificación y de las obras públicas, que deberá materializarse en inversión en los campos de la investigación y de la mejora tecnológica, y en una toma de conciencia cada vez más significativa en cuanto a la peligrosidad sísmica, por parte de técnicos, promotores, constructores, y por parte de particulares y de la Administración.

¹⁴ Consultar «Evaluación del riesgo sísmico en Cataluña» en el Instituto Geológico de Cataluña (IGC)

¹⁵ Recordemos que en la provincia de Granada, la aceleración básica prevista en algunos municipios alcanza 0,25 g (Escúzar).

6 Miscel·lània

«Cálculos detallados. Estructuras de paso y contención»

Estimado(a) amigo(a):

Permítame que le informe a cerca de esta publicación que recientemente he concluido.

Consta de 229 páginas, según índice pormenorizado que adjunto, con diseños de contención y sostenimiento entre 8-15 metros de altura y pórtico acartelado de 12 metros de luz libre.

Todos los cálculos se desarrollan: *manualmente, paso a paso, de forma detallada a nivel de Proyecto de Construcción.*

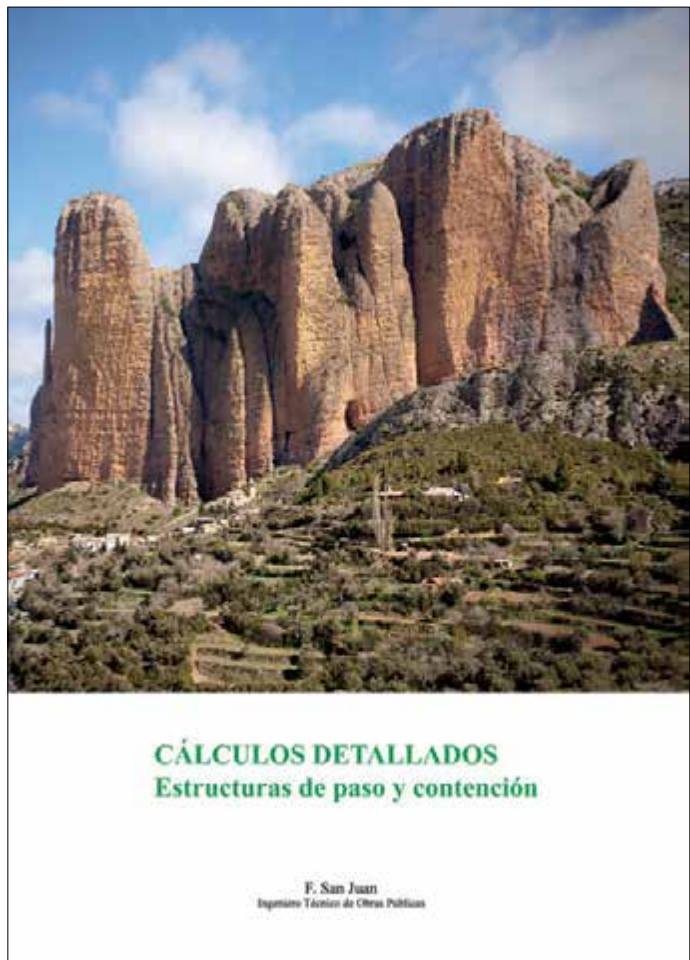
Aplicación de normativa vigente, EHE-08, etc.

Además de numerosas tablas que considero de interés, en cada tema se incluye una página con mediciones unitarias y precios contrastados de cada unidad, que proporcionan el coste unitario de la correspondiente estructura.

En el tema 8, Muro de contención de escollera colocada, el apartado de la seguridad global, se desarrolla aplicando el procedimiento empírico más usado actualmente, basado en el Índice de Resistencia Geológica (G.S.I.) y el criterio de rotura de Hoek & Brown.

El diseño de la publicación es:

- DIN A-4 a dos caras.
- 229 páginas, con distribución ordenada y clara.
- 17 secciones tipo y de armaduras a página entera (Autocad).
- 72 dibujos adicionales aclaratorios (Autocad).
- Muy buena calidad de impresión en offset.



- Portada en color, con reproducción de excelente paisaje natural acorde con el título.

Sinceramente creo que, esta publicación es: completa; novedosa por su desarrollo integral y yo, le confiero además, **utilidad real**.

Reciba un sincero saludo:

FRANCISCO SAN JUAN SOBRINO

Muere Albert Serratosa Palet

El pasado 21 de septiembre falleció Albert Serratosa Palet, Ingeniero de Caminos. Catedrático de la Ordenación del Territorio y Urbanismo de la UPC. Destacó como planificador de grandes infraestructuras, científico y divulgador de Urbanismo. Presidente del ITeC en los años 1987-1999.

El ingeniero de caminos **Albert Serratosa i Palet** fue el director del Plan General Metropolitano, el documento que ha ordenado el desarrollo de la conurbación de Barcelona, desde Castelldefels hasta Montgat y desde el mar hasta Collserola, desde el año 1976 hasta la actualidad. El trazado de las rondas, la expansión del puerto y del aeropuerto, la preservación del delta del Llobregat y de la sierra de Collserola como pulmones verdes, la apertura de la ciudad en el mar... son solo algunos ejemplos de la herencia que nos ha dejado.

Decidió encaminar su tarea profesional a resolver los problemas de aquellos lugares de alta densidad humana, allí donde se produce la máxima concentración de problemas de convivencia y de coordinación, es decir, en las ciudades, Serratosa se convirtió en admirador y propagador de la obra de Cerdà.





BOSCH & VENTAYOL
G E O S E R V E I S

SÓNDEIGS I ESTUDIS GEOTÈCNICS
PIEZOCON, ASSAIGS CPTU,
ENGINYERIA GEOLÒGICA
GEOLOGIA DEL MEDI AMBIENT
HIDROGEOLOGIA

Bosch & Ventayol Geoserveis S.L és una empresa creada el 1990, amb l'objectiu d'oferir un servei de qualitat en el camp de l'Enginyeria Geològica, la Geologia del Medi Ambient i els Reconeixements geotècnics en general.

Sondeigs:
Perforació a rotació amb extracció de mostra contínua.
Geòleg a peu de sondeig.

Piezocons - Assaigs CPTU, i Electric Field Vane-Test:
L'assaig CPTU és un dels més interessants, sofisticats i fiables que es poden fer "in situ", especialment en terrenys argilosos poc compactes i en sediments sorrencs sota el nivell freàtic.
L'assaig Vane-Test "in situ" ens permet obtenir un registre automàtic i informatitzat de la cohesió no drenada de sòls cohesius.

Estudis Geotècnics:
- Qualitat i rigor.
- Ajustats a les necessitats del projecte.
- Supervisió geològica en fase d'obra.

Hidrogeologia:
- Estudis per a l'excavació de soterranis sota el nivell freàtic.
- Instal·lació de piezòmetres de control.

Estudis de contaminació de sòls i aigües.

Cartografies Geotemàtiques.




Contacte:
Seu Social:
 C/ Rocafort 261º àtic 2º
 08029 Barcelona
Magatzem i oficines:
 C/ Indústria 26. Poligon Industrial Buvisa.
 08329 Teià.
 Tel: 93-5408542 Fax: 93-5408539
info@boschiventayol.com
www.boschiventayol.com
<http://geoventayol.blogspot.com/>

Empresa acreditada per la Generalitat de Catalunya com a Laboratori d'assaigs per al control de qualitat de l'edificació. Núm. Declaració Responsable: L0600075



HILTI

Tecnología SAFESet

EJECUCIÓN SEGURA DE ANCLAJES

Fiabilidad,
productividad y
seguridad.

SAFESET
TECHNOLOGY

Hilti. Superando expectativas.

7 Llista de membres de l'Associació

Desembre 2015

SOCIS D'HONOR

Antonio Aguado de Cea

Jordi Girona 1-3
Campus Nord UPC
08034 BARCELONA
antonio.aguado@upc.edu

Ramón Argüelles Álvarez

ETS Ingenieros de Montes
Ciudad Universitaria s/n
28040 MADRID
email: ramonarguelles@upm.es

Francesc Bassó i Birulés

Balmes 415, 9è C
08022 BARCELONA
email: ciricibasso@coac.net

Robert Brufau Niubó

Hercegovina 23, baixos
08006 BARCELONA

Carles Buxadé i Ribot

Major 26
08960 SANT JUST DESVERN

José Calavera Ruiz

Mario Rosso de Luna 29
Zona Industrial
Fin de Semana
Edificio Bracamonte (Edif. 12)
28040 MADRID
email: jcalavera@intemac.es

Rafael Casals i Bohigas †

Félix Escrig Pallarés †

José María Fornons García

Entença 299
08029 BARCELONA

Enrique González Valle

Mario Rosso de Luna 29
Edificio Bracamonte
28040 MADRID
email: egonzalez@intemac.es

Fruitós Mañà i Reixach

Bailèn 7, 2n 2a
08010 BARCELONA

Joan Margarit Consarnau

Major 26
08960 SANT JUST DESVERN
email: 2bmf@coac.net

Antoni Marí i Bernat

Jordi Girona 1-3,
edifici C1, despatx 201 C
Campus Nord UPC
08034 BARCELONA
email: antonio.mari@upc.edu

Juan Bautista Pérez Valcárcel

Edificio de Departamentos
ETS Arquitectura
Campus A Zapateira s/n
15071 A CORUÑA

Florentino Regalado Tesoro

Granja de Rocamora 18, entlo.
03015 ALICANTE

Antoni Torrent i Marquès

Avda. Montevideo 65, 3r 4a
08340 VILASSAR DE MAR

José Antonio Torroja Cavanillas

Príncipe de Vergara 103, 10 D
28006 MADRID

SOCIS EMÈRITS

Rafael Bellmunt i Ribas

Comte Borrell 215, 7è 4a
08029 BARCELONA
email: r.bellmunt@coac.net

José Luis Pedraza i Llanos

Camí de Can Gaxet 47, 1r 2a
08190 SANT CUGAT DEL VALLÈS
email: efarre@apabcn.ictnet.es

José Luis Vázquez i Baanante

Travessera de les Corts 348
08029 BARCELONA
email: joseluisvazquez@gmail.com

Eduard Hernando i Talo

Jaume I 41
43005 TARRAGONA

Manel García Cabrera

Vía Augusta 4, àtic
08006 BARCELONA

José María Ramos Mezquita

Suiza 13, entresòl 1a
08023 BARCELONA

Josep Palau i Grau

Carrer del Jardí 11D
08202 SABADELL
email: josep_palau@coac.net

Joan Ramon Goitia Blanco

Passatge Raval 7, baixos
08960 SANT JUST DESVERN
email: estrugobi@gmail.com

Antoni Massagué i Oliart

email: antoni.massague@area5.cat

SOCIS PROTECTORS



1P. CONSTRUCCIONES, APLICACIONES Y REFUERZOS, S.A. (CARSA)

1P.1 Fernando Gordún Burillo
De lo Gaiter del Llobregat 125-127
P. I. Can Estruch
08820 EL PRAT DEL LLOBREGAT
email: carsa@carsa-carfoam.com



4P. SGS TECNOS, S.A.

4P.1. Vicens Villalba
Llull 95-97, 5a planta
08005 BARCELONA
email: vicens.villalba@sgs.com
www.sgs.es

7P. SISTEMAS DE CIMENTACIÓ, S.A.

7P.1 Manuel Bertran Mariné
Via Augusta 13-15
08006 BARCELONA
email: sc@sistemasdecimentacion.es
www.sistemasdecimentacion.es

11P. PROPAMSA, S.A.U.

11P.1 Manel Soler Caralps
Camí de Ciments Molins s/n
08620 SANT VICENÇ DELS HORTS
email: msoler@propamsa.cemolins.es
www.propamsa.es



14P. ENCOFRADOS J. ALSINA, S.A.

14P.1 Jaume Alsina Oliva
Camí de la Font Freda 1
Polígon Industrial d'en Coll
08110 MONTCADA I REIXAC
email: alsina@alsina.es
www.alsina.es



17P. CENTRO CATALÁN DE GEOTECNIA, S.L.

17P.1 Teodoro González López
Passatge Arrahona 4, nau 3
08006 BARCELONA
email: administracion@geotecnia.biz

23P. CELSA

23P.1 Honorino Ortega Valencia
Camino de las Canteras s/n
45200 ILLESCAS (TOLEDO)
email: hortega@gcelsa.com
www.celsa.com



27P. KNAUF MIRET S.L.

27P.1 Daniel Miret Bausili
Calafell 1
08720 VILAFRANCA DEL PENEDÉS

28P. CYPE INGENIEROS, S.A.

28P.1 Bernabé Farré i Oró
Almogàvers 66, 2n A
08018 BARCELONA
email: bernabe.farre@cype.com
www.cype.com



29P. SIKA

29P.1 Mònica Sangil García
Travessia Industrial 13
08907 HOSPITALET DE LLOBREGAT
email: sangil.monica@es.sika.com
www.sika.es



30P. VSL CONSTRUCTION SYSTEMS, S.A.

30P.1 Pedro Ossó Rebull
Passeig de Gràcia 11, esc. B, 1a pl.
08007 BARCELONA
email: posso@vslsp.com
www.vsl-intl.com



**32P. BASF CONSTRUCTION
CHEMICALS ESPAÑA S.L.**

32P.1 Javier Marín
Carretera del Mig, 219
08907 L'HOSPITALET DEL LLOBREGAT
email: xavier.marin@partners.basf.com
www.basf-cc.es

35P. EUROPERFIL, S.A.

35P.1 Lluís Paguera Sánchez
Avinguda de la Granvia 179
08908 HOSPITALET DE LLOBREGAT
email: lpaguera@europerfil.es
www.europerfil.es



37P. HILTI ESPAÑOLA, S.A.

37P.1 Miguel Argany
Av. del Maresme 10
08940 CORNELLÀ DE LLOBREGAT
email: Miguel.Argany@hilti.com



**39P. SISTEMES DE REFORÇ
ACTIU, S.L.**

39P.1 Antoni Aguadé Vila
Edifici @SantCugat
Vía Augusta 15-25
08174 SANT CUGAT DEL VALLÈS
email: toni@noubau.com
www.noubau.com



43P. 2PE PILOTES

43P.1 Núria Sauleda i Serna
Avda. Maresme 9
08396 SANT CEBRIÀ
DE VALLALTA
email: 2pe@2pe.biz
www.2pe.biz



44P. IBERMAPEI, S.A.

44P.1 Antoni Faura Mesa
València 11, P. I. Can Oller
08130 SANTA PERPÈTUA
DE LA MOGODA
email: antoniofaura@ibermapei.es
www.mapei.es



**45P. TORNILLERÍA
INDUSTRIAL, S.A.**

45P.1 Daniel Valls Fonoll
Catalunya 11,
P. I. Can Oller
08130 SANTA PERPÈTUA
DE LA MOGODA
email: danifonoll@tindsa.com
www.tindsa.com



47P. IBERTRAC, S.L.

47P.1 Víctor Rubio Monsant
Loreto 13-15, D
08029 BARCELONA
email: vrubio@ibertrac.com
www.ibertrac.com



50P. GERB, S.A.

50P.1 Tomás López de Uralde Gines
Paseo de la Castellana 121,
esc. dcha. 2.º C
28046 MADRID
email: tomas.lopez@gerb.com.es
javier.vazquez@gerb.com.es
www.gerb.com



**52P. EL TURÓ CONTRACTA D'OBRES
I SERVEIS**

52P.1 Josep Antoni Martínez
Av. Madrid 95, 4t 2a
08028 BARCELONA
email: administracio@contracta.net



62P. ENCOFRADOS CASTELL, S.L.

62P.1 Hilario García Mata
Camí Can Ferran 13-15
08403 GRANOLLERS
email: encofradoscastell@ecastell.com
www.ecastell.com



64P. PERLITA Y VERMICULITA, S.L.

64P.1 Carlos Pérez Sánchez
Garraf s/n, Pol. Ind. Can Prunera
08759 VALLIRANA
email: cperez@perlitayvermiculita.com
www.perlitayvermiculita.com



65P. TECNIFUSTA INGENIERIA, S.L.

65P.1 Jordi Figueras Figueras
Closa d'en Llop 110, apt. 213
17130 L'ESCALA
email: info@tecnifusta.com
www.tecnifusta.com



66P. BOSCH & VENTAYOL GEOSERVEIS, S.L.

66P.1 Albert Ventayol Lázaro
Rocafort 261, àtic 2a
08029 BARCELONA
email: aventayol@boschiventayol.com
www.boschiventayol.com



**68P. URETEK SOLUCIONES
INNOVADORAS, S.L.U.**

68P.1 Rubén Galisteo del Río
Príncipe de Vergara 126
28002 MADRID
email: uretek@uretek.es
www.uretek.es



71P. SOCIETÉ DE PROSPECTION ET D'INTERVENTION TECHNIQUES S.A.S. (SPIT)

71P.1 Álvaro Bizarri Albarrán
Murcia 36, P. I. Les Salines
08830 SANT BOI DE LLOBREGAT
email: alvaro.bizarri@spit.es
www.spit.es



72P. TRAC REHABILITACIÓ D'EDIFICIS, S.L.

72P.1 Francesc Mañas Ginesta
Castella 40-46, baixos 2
08018 BARCELONA
email: trac@tracrehabilitacio.cat
www.tracrehabilitacio.cat



73P. GEOSEC ESPAÑA, S.L.

73P.1 Marcos Leal Menéndez
Avda. Fuentemar 43, nave D3
28823 COSLADA (MADRID)
email: info@geosec.es
www.geosec.es



75P. HELPEST21, S.L.U.

75P.1 Àngel Berna Gómez
Hospital 15, 2n pis
17244 CASSÀ DE LA SELVA
email: info@helpst21.com
www.helpst21.com



76P. GEOMAR INGENIERIA DEL TERRENY, S.L.P.

76P.1 Joan Martínez Bofill
València 1, subsòl local 12
08015 BARCELONA
email: estudis@geomar.cat
www.geomar.cat



77P. GRANALLATS VIC, S.C.P.

77P.1 Jordi Segales Farres
Mas el Pas, Urb. Sant Llätzer
08500 VIC
email: info@granallatsvic.com



78P. COINTECS - CONSTRUCCIÓN E INGENIERÍA DE FORJADOS, S.L.

78P.1 Martí Mas Maimo
Marroc 93
08020 BARCELONA
email: ingenieros@cointecs.com
www.cointecs.com



79P. CECAM, S.L.U. - CENTRE D'ESTUDIS DE LA CONSTRUCCIÓ I ANÀLISI DE MATERIALS, S.L.U.

79P.1 Ignaci Capella Sola
Pirineus, s/n Pol. Ind.
17460 CELRÀ
email: geotecnia@cecam.com



80P. 2ACAD GLOBAL GROUP, S.L.

80P.1 Carlos Ahijado Guadalupe
Bari, 56, Centro Tecnológico TIC XXI
Pol. Plaza
50197 ZARAGOZA
email: carlos.ahijado@2acad.com
www.2acad.com



81P. IGENMAI UNIPESSOAL LDA

81P.1 Carlos Alberto Xavier Simões Ferreira
Avda. Fontes Pereira de Melo 35, 14.º
1050-118 LISBOA
email: general@csiespana.com
www.csiespana.com



82P. ROTHO BLAAS IBÉRICA, S.L.U.

82P.1 Jorge Monago Izquierdo
Passeig Pere III 57B, entresòl 1a
08242 MANRESA
email: jorge.monago@rothoblaas.com



83P. INDUSTRIAS DEL UBIERNA, S.A.

83P.1 Ramón Badell Osuna
López Bravo, 94
09006 BURGOS
Travesera de Gràcia 30, 3è C
08021 BARCELONA
email: ramon.badell@bekaert.com

SOCIS NUMERARIS PROFESSIONALS

10. BBG ESTRUCTURES RECERCA I REHABILITACIÓ SLP

10.1 Robert Brufau Niubó
Herzegovina 25, ent. 4a
08006 Barcelona
email: bbg@bbg.cat
www.bbg.cat

11. ENGINEERING CONSULTANCY GROUP

11.2 Agustí Obiol i Sánchez
11.3 Luís Moya i Ferrer

BAC MADRID

11.14 Xavier Aguiló Aran
Marqués del Riscal 8, 4.º A
28010 MADRID
email: bac.madrid@bacecg.com

13. INDUS CÁLCULO, S.A.

13.1 Jordi Pedrerol Jardí
13.4 Xavier Mas Garcia
13.5 Cesc Aldabó Fernández
13.6 Luis Chóliz del Junco
Via Augusta 4, àtic
08006 BARCELONA
email: jpedrerol@indus-eng.com
www.indus-eng.com

14. PBX CENTRE DE CÀLCUL, S.L.

14.1 Enric Xercavins i Valls
14.2 Josep Xercavins Batlló
Can Xercavins
Apartat de correus 359
08191 RUBÍ
email: pbx@pbx.cat
www.pbx.cat

18. Jesús Pérez i Lluch

Gran Via 339, 1r
08014 BARCELONA

20. STATIC INGENIERÍA, S.A.

20.1 Gerardo Rodríguez i González
20.2 Miguel Rodríguez Niedenzführ
20.3 Lluís Cortés Mínguez
Passeig d'amunt 18, entresòl 1a
08024 BARCELONA
email: static@static-ing.com
www.static-ing.com

21. CABEZAS & GÓNGORA, S.L.

21.1 Francisco Cabezas i Cabello
21.2 Juan José Moreno Cabrera
San Fructuós 80, baixos
08004 BARCELONA
email: cyg@cygsl.com

25. Juan José Ibáñez i Acedo

Santa Teresa 42A
08172 SANT CUGAT DEL VALLÈS
email: jji@arrakis.es
www.jji-ingenieria.com

27. Llorenç García i Geira

Passeig del Canal 25, 3r 1a
08970 SANT JOAN DESPÍ
email: ll.garcia@coac.net

30. Pere Sobré i Massagué

Borrell 2B, 1r 2a
08202 SABADELL
email: p.sobre@telefonica.net

31. Enric Torrent i Figuerola

Taquígraf Garriga 10
08014 BARCELONA
email: enrictorrent@tdat.es

33. GENESCÀ MOLIST, SL.

33.1 Josep M. Genescà i Ramon
33.2 Marcel Cruells Castellet
Numància 63, entresòl
08029 BARCELONA
email: amparo@coac.net

- 35. BLÁZQUEZ-GUANTER, S.L.P.**
 35.1 Antoni Blázquez i Boya
 35.2 Lluís Guanter i Feixas
 Sant Josep 3
 17004 GIRONA
 email: info@bg-arquitectes.com
 www.bg-arquitectes.com
- 37. L3J, S.L.P.**
 37.1 Jaime Pastor i Sánchez
 Avda. Cornellà 13-15, edifici Símbol,
 local 5, nivell 2
 08950 ESPLUGUES DE LLOBREGAT
 email: jaimepastor@eletresj.com
- 38. Jordi Padró i Quintana**
 Passeig Comte d'Egara 10
 08221 TERRASSA
 email: caire@ctv.es
- 39. R.M. CÀLCULO DE ESTRUCTURAS**
 39.2 Raúl Montes Usategui
 Suïssa 13
 08023 BARCELONA
 email: rm-calculo@coac.net
- 44. TRANSMETAL, S.A.**
 44.1 Lucindo Lázaro i Rico
 44.2 Ricardo Neira Navarro
 P. I. «Les Argelagues»
 08185 LLIÇÀ DE VALL
 email: transmetal@transmetalsa.com
 www.transmetalsa.com
- 45. ESTRUCTURAS NAVÀS S.A.**
 45.1 Josep Lluís Sánchez i Sánchez
 Rambla Solanes 14
 08940 CORNELLÀ DE LLOBREGAT
 email: tecnica@grupo-navas.com
 www.grupo-navas.com
- 47. VALERI CONSULTORS ASSOCIATS**
 47.1 Josep Maria Valeri i Ferret
 47.2 Mercè Ramos i Ortiz
 47.3 Fruitós Mañà i Reixach
 47.5 Ramon Costa i Farràs
 Bailèn 7, 2n 2a
 08010 BARCELONA
 email: valeri@valericonsultors.net
 www.valericonsultors.net
- 48. AGW CONSULTORS ESTRUCTURES, S.C.P.**
 48.1 Ferran Anguita de Caralt
 48.2 José Luis Galindo Rubio
 Concili de Trento 36-40, baixos
 08018 BARCELONA
 email: f.anguita@coac.es
- 49. Josep M. Masanés i Meseguer**
 Ermengarda 32, local 3
 08014 BARCELONA
 email: jmmm@coac.net
- 51. TECTUM ENGINEERING, S.L.P.**
 51.1 Xavier Mateu i Palau
 Autonomia 2, local C
 08225 TERRASSA
 email: x.mateu@coac.cat
- 52. Josep Baquer i Sistach**
 Domènech 6, 3r 6a
 08172 SANT CUGAT DEL VALLÈS
 email: jbaquer@apabcn.cat
- 53. GWAMBA CONSULTORIA D'ESTRUCTURES, S.L.P.**
 53.1 Raül Núñez i Lacarra
 Avet 6
 08186 LLIÇÀ D'AMUNT
 email: arquitectura@gwamba.cat
- 55. MANUEL ARGUIJO Y ASOCIADOS, S.L.**
 55.1 Manuel Arguijo Vila
 Lluïl 51, 4t 4a
 08005 BARCELONA
 email: arguijo@coac.es
- 56. GMK ASSOCIATS, S.L.**
 56.1 Miquel Llorens i Sulivera
 56.3 Josep Bellés Gea
 Joan Alsina 5, entresòl
 17003 GIRONA
 email: gmk@gmkgrup.com
- 58.1 Xavier Falguera Valverde**
58.2 Israel García Nadal
 Bolívia 91, 8è 1a
 08018 BARCELONA
 email: xavier.falguera@aaupc.upc.edu
- 59. Martí Cabestany i Puértolas**
 Craiwinkel 22, 2n
 08022 BARCELONA
 email: martins@arquired.es
- 60. STABIL ARQUITECTURA, S.L.**
 60.1 Jordi Oliveras i Reder
 Aribau 15, 5è. despatx 11
 08011 BARCELONA
 email: j.oliveras@coac.es
- 61. Eduard Doce Goicoechea**
 Avda. La Miranda 28
 08950 ESPLUGUES DE LLOBREGAT
 email: eduard.doce@coac.net
- 62. Jaume Vizcarro i Pedrol**
 Avda. Mistral 8, escala C, despatx 5
 08015 BARCELONA
 email: jaumevizcarro@menta.net
- 63. BIS ARQUITECTES, S.L.P.**
 63.1 David Garcia i Carrera
 63.2 Esther Muñoz Gavilán
 63.3 Marta Farrús Cassany
 63.5 Marina Vilà Pau
 63.6 Amparo Lecha Gargallo
 63.7 Maite Ramos Martínez
 Enric Granados 135, 5è 1a
 08008 BARCELONA
 email: davidg@bisarquitectes.com
 www.bisarquitectes.com
- 64. LAND PLANIFICACIÓ I PROJECTES**
 64.1 Miquel Capdevila i Bassols
 Pare Roca 4
 17800 OLOT
 email: land@coac.net
- 66. Oriol Marron i Puigdueta**
 Gelabert 15, 2n 2a
 08029 BARCELONA
 email: marron@arquired.es
- 67. Emma Planas Ferrer**
 Diputació 27-33, sobreàtic 2a
 08015 BARCELONA
 email: eplanas@apabcn.cat
- 68. ALTRA**
 68.1 Enric Heredia Campmany-Gaudet
 Carrer del Julivert 46
 08860 CASTELLDEFELS
 email: info@altra.es
 www.altra.es
- 69. Eduard Palao Aguilar**
 Dr. Martí i Julià 13
 08820 EL PRAT DE LLOBREGAT
 email: e.palao@coac.net
- 70. FORBACSA**
 70.1 Ferran Teixidó Martínez
 70.2 Ramon Caralt Delcor
 Balmes 23, 4t
 25006 LLEIDA
 email: forbacsa@forbacsa.com
 www.forbacsa.com
- 75. KUBIC CONSULTORÍA TÉCNICA, S.L.**
 75.1 Miquel Flequé i Melé
 Costa Magdalena 2, 4t B
 25007 LLEIDA
 email: kubic@kubic3.com
- 76. ESTUDI m103, S.L.**
 76.1 Jorge Blasco Miguel
 Avda. Madrid 103-105,
 entresòl 2a
 08028 BARCELONA
 email: jorge.blasco@coac.es
- 81. ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN LA INGENIERÍA, S.L.**
 81.1 José Falcón López
 Ronda Europa 60, 5è 4a
 Edifici Eurocentre
 08800 VILANOVA I LA GELTRÚ
 email: esin@cetib.ictnet.es
- 82. ENGIPROJECT, S.L.**
 82.1 David Rodríguez Santás
 82.3. Enric Font Mendiola
 Almogàvers 66, 1r B
 08018 BARCELONA
 email: drs@engiproject.com
 www.engiproject.com

83. PL2 ENGINYERIA D'ESTRUCTURES I FONAMENTACIONS, S.L.

83.1 Bernabé Farré i Oró
Almogàvers 66, 2n
08018 BARCELONA
email: enginyeria@pl2.es
www.pl2.es

89. 2BMFG ARQUITECTES, S.L.P.

89.1 Ramon Ferrando Ríos
89.2 Carles Gelpí Arroyo
89.3 Eduard Reus Plana
89.4 Marcel Saurina Eudaldo
Pl. Joaquim Pena 8, baixos
08017 BARCELONA
email: estudi@2bmfg.com
www.2bmfg.com

91. Josep Maria Cots Call

Rambla d'Aragó 14, 6è 1a
25002 LLEIDA
email: info@josepcots.com

92. Emma Leach Cosp

Reina Victòria 4, baixos
08021 BARCELONA
email: emmaleach@coac.net

93. Laureà Miró Bretos

Pl. Josep Tarradelles 21-27, 3r 2a
08340 VILASSAR DE MAR
email: laurea@laureamiro.com
www.laureamiro.com

94. STRAIN ENGINEERING, S.L.

94.1 Carles Teixidor Begudan
94.2 Francesc Arbós Bellapart
Ctra. de la ParceHària 32
17178 LES PRESES
email: farbos@strain.es
cteixidor@strain.es
www.strain.es

95. OB ENGINYERIA, S.L.

95.1 Joel Orobitg Pérez
Roc dels escollons 8, 2n D
A0500 ANDORRA LA VELLA
email: joel@obenginyeria.com

97. CAMPANYÀ I VINYETA SERVEIS D'ARQUITECTURA, S.L.

97.1 Carles Campanyà i Castelltort
Joaquim Molins 5, 5è 3a
08028 BARCELONA
email: cvarq@cvarq.com

98.1 Pere Castelltort Sales

98.2 Josep Lluís Ortega Blanco
Saragossa 108, baixos
08006 BARCELONA
email: castelltort@coac.es

100. Raül Lechuga Durán

Lezabide 15, 4.º A
20110 PASAIA (GUIPUZCOA)
email: raule75@gmail.com

101. ESKUBI-TURRÓ ARQUITECTES, S.L.

101.1 Juan Ignacio Eskubi Ugarte
Girona 62, baixos, local b
08009 BARCELONA
email: esk-nur@coac.net

102. CALTER INGENIERÍA, S.L.

102.1 Juan Carlos Arroyo Portero
Valenzuela 8, 2.º izquierda
28014 MADRID
email: calter@calter.es
www.calter.es

103. BERNUZ FERNÁNDEZ ARQUITECTES, S.L.P.

103.1 Manuel Fernández Pérez
103.2 Jordi Bernuz Bertolin
Doctor Trueta 154, baixos
08005 BARCELONA
email: estudi@coac.es
estudimf@coac.es

104. Oriol Palou Julián

Badajoz 91
08005 BARCELONA
email: estructura@coac.net
www.sustenta.eu

106. INARGEST, S.L.

106.1 Juan Ramón Aurrekoetxea Aurrekoetxea
Cr. Bilbao-Galdako 6A, of. 2B
Edificio Metroalde
48004 BILBAO
email: inargest@inargest.com
www.inargest.com

107. ENGINYERIA REVENTÓS, S.L.

107.1 Manuel Reventós Rovira
Pere IV 363-38, 1r local 15
08020 BARCELONA
email: info@ereventos.com
www.ereventos.com

108. MP3 ARQUITECTURA I ESTRUCTURA, S.C.P.

108.1 Carles Padrós Sallés
Montserrat 95
08221 TERRASSA
email: mp3@mp3web.cat

110. Marta Torras Isla

Segrià 26, altell esquerra
25006 LLEIDA
email: mtorras@hotmail.com

111. Juan José Rosas Alaguero

Sant Quintí 52-68
08041 BARCELONA
email: juanjose.ra@telefonica.net

112. Francisco Duarte Jiménez

ESTUDIO DUARTE Y ASOCIADOS S.L.P.
Diego Angulo Iñiguez 14, 1.º A
41018 SEVILLA
email: paco@duarteadsociados.es

113. José Ramón Solé Marzo

WINDMILL STRUCTURAL
CONSULTANTS S.L.P.
Sant Pere 7, baixos
43004 TARRAGONA
email: administracion@windmill.com.es
www.windmill.com.es

114. THINK ENGINYERIA, S.L.P.

114.1 Jordi Parés Massagué
114.2 Jordi Velasco Saboya
Calaf 24, 5è 3a
08021 BARCELONA
email: info@thkng.com
www.thkng.com

115. Héctor Faundez Velasco

Colombia 11, oficina 14
03010 ALICANTE
email: hfaundezv@citop.es

SOCIS ACADÈMICS

AD1. Jaume Avellaneda Díaz-Grande

Pere Serra 1-15
08190 SANT CUGAT DEL VALLÈS
email: avellaneda@ca1.upc.es

AD3. FERRES ARQUITECTOS Y CONSULTORES, S.L.

Xavier Ferrés Padró
Passatge Marimón 6, 2n 2a
08021 BARCELONA
email: xferres@ferresarquitectos.com

AD4. Ramon Sastre i Sastre

ETS ARQUITECTURA DEL VALLÈS
Pere Serra 1-15
08190 SANT CUGAT DEL VALLÈS
email: ramon.sastre@upc.edu

AD5. Antoni Paricio Casademunt

ETS ARQUITECTURA DEL VALLÈS
Pere Serra 1-15
08190 SANT CUGAT DEL VALLÈS
email: antoni.paricio@upc.edu

AD7. David Lladó Porta

Gran Via Carles III 58-60, «B» local
08028 BARCELONA
email: dacar@coac.net

AD8. Jordi Maristany Carreras

ETSAB
Avinguda Diagonal 649, 3a planta
08028 BARCELONA
email: jordi.maristany@upc.edu

AD10. César Díaz Gómez

ETSAB
Avinguda Diagonal 649, 3a planta
08028 BARCELONA
email: cesar.diaz@upc.edu

AD11. Javier López-Rey Laurens

ETSAB
Avinguda Diagonal 649, 3a planta
08028 BARCELONA
email: javier.lopez-rey@upc.edu

AD12. Joan Ramon Blasco Casanovas
ETSAV
Pere Serra 1-15
08190 SANT CUGAT DEL VALLÈS
email: joan.ramon.blasco@upc.edu

SOCIS ASPIRANTS PROFESSIONALS

- A4. Ramon Freixes Capdevila**
Travessera de Gràcia 66, 3r 2a
08006 BARCELONA
email: rfc1309@yahoo.es
- A11. Dídac Hueso Falguera**
Pg. del Born 17, 2n 5a
08003 BARCELONA
email: estudioborn@coac.net
- A12. Bernat Nadal Martí**
Plaça de l'Església 3
07350 BENISSALEM
email: bernat@axilconsulting.com
www.axilconsulting.com
- A16. Ana Andrade Cetto**
IDOM INGENIERÍA Y SISTEMAS S.A.
Gran Via Carles III 97, baixos
08028 BARCELONA
email: aacetto@hotmail.com
- A18. Marta Solé Arbués**
TUTOR: BIS ARQUITECTES
Enric Granados 135, 5è 1a
08008 BARCELONA
email: msolè@bisarquitectes.com
- A20. Esther Viladriç Granda**
EUROPEA INGENIEURBURO S.L.
TUTOR: GERARDO VIDAL PUEYO
Independència 240, baixos
08025 BARCELONA
email: europea@ing-europea.com
- A28. Laia Picarín Macías**
TUTOR: BIS ARQUITECTES
Enric Granados 135, 5è 1a
08008 BARCELONA
email: lpicarín@bisarquitectes.com
- A29. ESTRUCTURAS MONGE**
Ricard Monge Zaragoza
Avda. Ramón y Cajal 57, 7 E
43005 TARRAGONA
email: r.monge@estructurasmonge.com
- A36. Josep Agustí de Ciurana**
Tejería 28, 4.º derecha
31011 PAMPLONA
email: josepagusti@arquired.es
- A40. Xavier Reina Vázquez**
XAVIER REINA-ARQTEC S.L.
Rambla Llibertat 16-18, 2D
17834 PORQUERES
email: xreina@aparellador.org

A41. César Vázquez Valcárcel
Armónica 60, 5è
27002 LUGO
email: cesar@indutecingenieros.com

A42. Rosa Maria Buadas Brujat
TUTOR: BG ARQUITECTES S.L.P.
Sant Josep 3
17004 GIRONA
email: rosam@bg-arquitectes.com

A44. Rubén Sánchez Anguera
Plaça Nova 2, ent. 4a
08191 RUBÍ
email: rubensanchez@apabcn.cat

A47. Iván Florencia Vasallo
IDOM INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A.
Gran Via Carles III 97, baixos
08028 BARCELONA
email: ivan.florencia@idom.com

A48. Marc Bàrbara Sirera
ARQUITECTES I CONSULTORS
S4, S.L.P.
Lluïl 47, 5è 4a
08005 BARCELONA
email: info@s4arquitectes.com

A50. Roger Senís López
Passeig del Congost 187, 3r 1a
08530 LA GARRIGA
email: roger_senyis@hotmail.com

A51. Rodrigo Martín Sáiz
Camí de la Creu 14, 3r 2a
08172 SANT CUGAT DEL VALLÈS
email: rodrigomartinsaiz@yahoo.es

A52. Xavier Coll Bastus
Avda. Pirineus 2
25620 TREMP
email: xaviercollbastus@hotmail.com

A53. Jordi Payola Lahoz
Pl. de l'Alzina 1, 4-1
08184 PALAU-SOLITÀ I PLEGAMANS
(Barcelona)
email: jordipayola@coac.cat

A55. Nuria Ayala Mitjavila
D'AURA ARQUITECTURA
Francesc Carbonell 34, baixos B
08034 BARCELONA
email: tecnic@dauraestudio.com

A58. Josep Picarín Macias
TUTOR: ROBERT BRUFAU NIUBÓ
Comte Borrell 183
08015 BARCELONA
email: jpicarín@hotmail.com

A59. Marc Sanabra Loewe
EPSEB
Doctor Marañón 44-50, 3a pl., edifici P
08034 BARCELONA
email: marc.sanabra@upc.edu

A60. César Cano Almon
Avinguda Indústria 9, 3r B
08960 SANT JUST DESVERN
email: ccano@ccano.net

A61. Joan Melo Ballester
PBX CENTRE DE CàLCUL
Can Xercavins
08191 RUBÍ
email: joanmb@gmail.com

A62. Xavier Botet Campderrós
Ganduxer 136, 1r 2a
08022 BARCELONA
email: xavier.botet@coac.net

A63. James Rongish
Avda. Mistral 41-43, 7è 2a
08015 BARCELONA
email: jimmyrongish@gmail.com

A64. Ignacio Costales Calvo
Lope de Vega 148, 5è 4a
08005 BARCELONA
email: icaria@coac.es

SOCIS ASPIRANTS ESTUDIANTS

AE6. Ana Amaro Aguilera
TUTOR: DAVID GARCIA CARRERA
Estudiant d'Arquitectura
email: ana.amaro.aguilera@gmail.com

AE8. Xiomara Márquez Rodríguez
Estudiant d'Arquitectura
email: xmarquezrodriguez@gmail.com

AMICS DE L'ACE

- Josep Pugibet Martí**
email: josep.pugibert@gmail.com
- Minerva Embuena Aparicio**
email: m.embuena@apabcn.cat
- Josep Ferrés Pérez**
email: josepferresperez@gmail.com
- Frederic Casals i Domingo**
email: fcasals@coac.net
- José Antonio Muñós Acuña**
Álvaro Cunqueiro 10, 1.º F
36211 VIGO
email: estrucalc@gmail.com
- Xavier Alberola i Criado**
Avda. Catalunya 105, 2n 2a
08757 CORBERA DE LLOBREGAT
email: xavier_alberola@hotmail.com

Si desitgen el telèfon d'algun dels nostres associats, poden demanar-lo a secretaria.

Si desean el teléfono de alguno de nuestros asociados, pueden pedirlo en secretaría.



Vol saber per què les més importants firmes
d'arquitectura confien en nosaltres?

Perquè el nostre objectiu és part del seu camí

CENTRO CATALÁN GEOTECNIA

La clau de la nostra companyia
no és que tinguem les màquines
més modernes del mercat,
sinó que disposem del millor equip
de professionals per a aconseguir
els resultats més rigurosos i fiables.

- Assessorament en geotècnia i geologia.
- Estudis geològics, geotècnics, hidrogeològics, mediambientals, contaminació de sòls.
- Sondeigs a rotació de testimoni continu, helicoidal i penetromètrics (DPSH i Borros).
- Estudi de patologies del terreny.
- Depressió del nivell freàtic.
- Micropilots, pilots, injeccions, ancoratges, bulons.
- Direcció d'obra.

Assentaments? Esquerdes a les parets? **URETEK® ÉS LA SOLUCIÓ**



AIXECAMENT

AVANTATGES

- No invasiu: sense excavacions ni obres de paleta
- Econòmic
- Ràpid
- No embruta i no produeix residus
- Garantit durant 10 anys

URETEK®
DEEP INJECTIONS

PATENT EUROPEA n. 0.851.064

Mètode protegit per patent europea, per a la consolidació de sòl amb injeccions de resina expansiva Ureteck Geoplus® aplicable a tot tipus d'estructures:

- Edificis històrics
- Naus Industrials
- Vivendes
- Piscines
- Torres
- Esglésies
- Murs de contenció

Apte per a tot tipus de sòls, tant granulars com cohesius i qualsevol tipologia de fonamentació: sabates aïllades, sabates corregudes i lloses de fonamentació construïdes amb qualsevol material.

Visites i pressuposts gratuïts a tota Espanya*



URETEK
Soluciones
Innovadoras S.L.U.

Llamada Gratuita
900 80 99 33

www.uretek.es

*Per a pressupostos a Balears i Canaries consultar condicions