

de la construcción

SEMINARIOS TORROJA sobre TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN Y DE SUS MATERIALES

ESTABILIDAD DE ESTRUCTURAS ANTE EL FUEGO

George Faller
Arup Fire
Londres

7 febrero 2002

Resistencia al Fuego-las normas y comportamiento del fuego real

Tradicionalmente, los requerimientos de resistencia contraincendios para la estructura y elementos independientes de los edificios, han sido abordados en los códigos mediante valores tabulados, en los que la resistencia contraincendios está en función del uso del edificio y su altura sobre el nivel del suelo.

Siempre se ha reconocido que existen numerosos factores además de la ocupación y la altura, que influyen en los requerimientos de resistencia contraincendios. En general, se tienen en cuenta otros factores influyentes sobre una base bastante arbitraria, y son "adaptados" a los valores tabulados.

Dada la manera en que el sistema de catalogación ha evolucionado a través del tiempo, es difícil identificar la influencia de estos otros factores e imposible cuantificarlos.

Los valores tabulados asumen que en un "edificio tradicional":

- los incendios superan el sector, consumiendo toda la carga de fuego disponible,
- la ventilación es limitada

Numerosos edificios modernos presentan características muy distintas a las de los "edificios tradicionales". Grandes superficies con fachadas acristaladas pueden proporcionar un gran volumen de ventilación. ¿En qué medida esto afecta el requerimiento de resistencia contraincendios?

Para responder esta pregunta, es necesario analizar la derivación del enfoque actual.

Los primeros estudios de incendios en compartimentos, realizados en la década de 1920, dieron como resultado una relación nociónal entre ensayo típico de resistencia contraincendios y carga de fuego, expresada de la siguiente manera:

$$t_e = L/A_f \quad (= L_f)$$

donde t_e = severidad del incendio equivalente en minutos de ensayo típico

L = volumen de carga de fuego en un incendio equivalente en madera (kg)

A_f = superficie (m²), y

L_f = densidad de la carga de fuego en un incendio equivalente en madera (kg/m²)

En el Reino Unido, esta ecuación fue utilizada en 1946 para derivar un sistema de catalogación de incendios. Los resultados t-equivalentes derivados de esta manera se han empleado tradicionalmente como base para la catalogación de incendios de elementos estructurales. Estudios posteriores sobre incendios experimentales revelaron la importancia de las condicio-

nes de ventilación y se derivó una nueva ecuación de t-equivalente que reflejaba el efecto de la ventilación.

Esta ecuación constituye la base de los valores tabulados de numerosos códigos actuales, pero no tiene en cuenta la altura del edificio.

Parece que la base para incrementar la resistencia contraincendios con la altura (tanto en el Reino Unido como en Estados Unidos) ha sido de algún modo arbitraria. Pero existe consenso general en cuanto a lo que deben reflejar los factores de consecuencia:

- Vías de evacuación
- Accesos para la extinción del incendio
- Probabilidades de un incendio completamente
- Consecuencias de un fallo estructural

Métodos alternativos para determinar la RF en el diseño

El Eurocódigo 1-1996 proporciona un nuevo enfoque de t-equivalente como alternativa al uso de los valores tabulados de resistencia contraincendios. Esto permite al diseñador determinar el efecto del incendio sobre la base de una carga de fuego real, características de compartimentación reales y condiciones de ventilación.

No obstante, esto no constituye una guía en cuanto a cómo se deben tener en cuenta los otros factores antes mencionados para convertir éste en un período de resistencia contraincendios. Un borrador posterior del Eurocódigo (ECS, 2000) reconoce algunos de los avances del código anterior de 1996, e introdujo factores basados en ries-

gos para tener en cuenta la probabilidad de incendios, el efecto de los sistemas de extinción y la intervención de los bomberos.

A pesar de estas avances, el método del Eurocódigo no aborda las razones principales de por qué los períodos de resistencia contraincendios se han incrementado tradicionalmente con la altura del edificio.

Los factores que influyen en las consecuencias de fallos estructurales deben identificarse y cuantificarse a fin de proporcionar un método alternativo de primeros principios para las tablas de resistencia contraincendios. El método propuesto por Arup Fire en el borrador BS999 nace del enfoque del Eurocódigo, pero utiliza un enfoque basado en riesgos para cuantificar un factor de consecuencia. Este método reconoce los factores que influyen en las consecuencias de los fallos y pueden utilizarse para ajustar los valores t-equivalentes a fin de proporcionar un método alternativo para calcular el período de resistencia contraincendios de un edificio a partir de los primeros principios.

Ejemplos de la aplicación de este enfoque:

Arup Fire desarrolló una estrategia contraincendios para un edificio de 30 m de altura en La Coruña, España. El uso principal del edificio es como galería para exhibir la colección de obras de arte del Caixa Galicia. Sobre la base de su altura y ocupación, el código recomendó para la estructura un período de resistencia contraincendios de 180 minutos. Un objetivo importante del diseño para el arquitecto, Nicholas Grimshaw and Partners, era llevar luz natural hasta las galerías en todos los niveles. Esto debía lograrse mediante un atrio, con un espacio completamente acristalado entre el atrio y las áreas de exposición.

La compartimentación entre los diferentes niveles implicaba que el acristalado del atrio debía alcanzar una resistencia contraincendios de 90 mi-

nutos. Sin embargo, desde el principio era evidente que las galerías tenían una baja carga de fuego, y que potencialmente existía un alto porcentaje de ventilación en el atrio; en otras palabras, las condiciones son muy diferentes a las asumidas al derivarse los valores tabulados de resistencia contraincendios en el código.

Con el método t-equivalente, pudimos demostrar que un período de resistencia contraincendios de 60 minutos fue suficiente en este caso, lo cual permitió el uso de un acristalado de 30 minutos de resistencia contraincendios para el atrio.

Un ejercicio similar se aplicó en el edificio GLA de Londres para demostrar que una resistencia contraincendios de 60 minutos era adecuada para la estructura, en lugar de los 90 minutos mostrados por las tablas del código.

Resistencia al fuego de los elementos estructurales

También podemos aplicar un enfoque de primeros principios en el diseño de elementos estructurales individuales. El enfoque tradicional es clasificar el comportamiento de dichos elementos en un incendio, según su comportamiento en un ensayo estándar de incendio.

El ensayo estándar ha sido criticado ampliamente desde hace mucho, sobre todo porque no refleja las condiciones de un incendio real, y no tiene en cuenta cuestiones como:

- carga de fuego
- ventilación
- dimensiones de los compartimentos
- crecimiento del incendio y fases de decadencia
- comportamiento de un elemento como parte del marco estructura

Existen métodos alternativos que tienen en cuenta las condiciones de un incendio real y determinan el verdadero temperatura del elemento y su comportamiento dentro de la estructura bajo estas condiciones.

Ejemplos de sitios donde se han aplicado dichos métodos:

The Kingdom Trade Center in Riyadh, Saudi Arabia, es un edificio multiuso de 290 m de altura, para el que las tablas del código requerían una resistencia contraincendios de 180. Sin embargo, el tercio más alto del edificio no estaba ocupado; solamente había una plataforma de observación en la cima.

Al realizar los cálculos de radiación y proyección de llamas, Arup Fire pudo demostrar que una amplia sección de esta estructura nunca experimentaría temperaturas superiores a las críticas, y, por tanto, no necesitaría protección contraincendios.

Otro ejemplo es el Mashantucket Pequot Museum en Connecticut, EEUU. El edificio contiene un gran área de reuniones protegido con rociadores, de 22 m de altura, que puede utilizarse como auditorio, galería o recepción. Según el código, eran necesarias 2 horas de resistencia contraincendios para la estructura de acero. Un rasgo arquitectónico era de particular interés, los elementos formaban un conjunto horizontal expuesto. Mediante el uso de técnicas de diseño basadas en el comportamiento, se demostró que no había necesidad de protección contraincendios estructural adicional para estos elementos.

El futuro

Sucesos recientes como el ataque al World Trade Center el 11 de Septiembre '01, han puesto de manifiesto un mayor número de avances con la aplicación del enfoque tradicional prescrito en el diseño de seguridad contraincendios. La naturaleza del incendio y las condiciones de evacuación, rebasaron claramente el alcance de los códigos modernos. Un enfoque de primeros principios es esencial para abordar dichas cuestiones.

La modelación se utiliza cada vez más para estimar la duración real de la evacuación. Ésta se puede aplicar a es-

trategias de evacuación, tanto simultáneas como por fases, a fin de distinguir entre las condiciones normales de un incendio y casos más extremos.

Se han desarrollado modelos estructurales de evaluación del comportamiento de elementos en un incendio, a fin de apoyar un enfoque de diseño de primeros principios para incendios; asimismo, se puede incorporar el efecto de los impactos utilizando dicho enfoque

Los casos extremos pueden estar acompañados por incendios muy distintos a los abordados por el enfoque de incendio típico adoptado por los códigos, y es necesario un enfoque de diseño más fundamental para reflejar este hecho

Se hace cada vez más común la introducción de cierto nivel de evaluación de riesgo en el diseño de seguridad contraincendios para que las medidas adoptadas puedan contrastarse contra otros riesgos.

El enfoque prescrito basado en el código, no incluye estos avances.

Por tanto, los futuros avances en el campo de seguridad contraincendios se dependen cada vez más de un enfoque de ingeniería contraincendios. La ingeniería del fuego tiene que intervenir en el debate de los siguientes puntos:

- identificar los acontecimientos
- condiciones aceptables para la evacuación
- reacción del edificio al acontecimiento
- robustez y comportamiento de los materiales de protección

Conclusion

Al utilizar métodos de diseño basados en el comportamiento real, los efectos de un fuego son analizados en escenarios de diseño "extremos" creíbles. Esto puede conducir a un incremento en la libertad de diseño sobre las restricciones de los códigos prescritas a

la vez de que se conserva la seguridad. Además,

- Los códigos actuales no sirven para criterios nuevos
- Una valoración del riesgo tiene que informar el proceso
- El desarrollo futuro basado en la ingeniería del fuego

RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR APLICADA A MATERIALES CEMENTANTES

Ana Fernández Jiménez
Dra. Ciencias Químicas
Instituto Eduardo Torroja
Madrid

7 marzo 2002

La técnica de resonancia magnética nuclear (RMN) es una herramienta que permite analizar prácticamente cualquier sustancia en estado líquido, sólido o gaseosos, cuyas aplicaciones actualmente pueden abarcar desde la mineralogía hasta la medicina. Esta técnica tiene su fundamento en la transición entre niveles de energía correspondientes a átomos en presencia de un campo magnético (1946, Bloch, Hansen y Packard / Pucell, Torrey y Pound). Inicialmente se utilizaba para determinar las propiedades magnéticas de los núcleos. Posteriormente empezó a ser utilizada para investigar estructuras moleculares. En los últimos años esta técnica ha experimentado un desarrollo espectacular debido al empleo de la Transformada de Fourier y a la utilización de campos magnéticos elevados. Ello ha permitido aumentar la sensibilidad y la resolución de los espectros.

La RMN da información sobre la estructura local de los entornos de los átomos, permitiendo la caracterización de materiales tanto amorfos como cristalinos. Está especialmente recomendada en el estudio de materiales amorfos o semi-cristalinos ya que permite obtener información sobre la estructura de los silicatos cálcicos hidratados, de silicoaluminatos y

aluminatos en muestras sólidas. También permite determinar el número de coordinación y el grado de polimerización de los átomos de Si, así como diferentes entornos Si-O-R. Determinaciones similares se pueden realizar con respecto a los átomos de Al. Ello hace que la aplicación de esta técnica a la caracterización de materiales de construcción haya experimentado un importante desarrollo en los últimos años

Los núcleos activos que pueden ser estudiados en RMN deben tener un momento magnético spin $I \neq 0$. Siendo los más estudiados ^{29}Si , ^{27}Al , ^{43}Ca , ^{23}Na , ^1H , ^{17}O , ^{25}Mg . Últimamente se ha ido incrementando el número de núcleos que pueden ser estudiados por RMN, así como la resolución de los espectrómetros, desarrollándose técnicas cada vez más sofisticadas (i.e. MAS, CO, DOR) que junto a procedimientos electrónicos (i.e. programas de pulso múltiple, técnicas de RMN bidimensional, etc.) permiten obtener espectros cada vez mejor resueltos.

El objetivo fundamental de esta conferencia es dar a conocer la técnica de *Resonancia Magnética Nuclear* en sólidos como una herramienta muy útil para el estudio y caracterización de materiales con propiedades cementantes. En el 6th ICCG en Moscú (1974) se presentó el primer estudio de la aplicación de RMN en la caracterización de materiales cementantes, en concreto se presentó un estudio sobre la estructura de la tobermorita; desde entonces el número de trabajos ha ido incrementándose notablemente.

Los espectros de ^{29}Si RMN MAS ofrecen información sobre (a) *n*° de coordinación. Según se incrementa el número de coordinación, la señal se desplaza hacia valores más negativos distinguiéndose entre el silicio octaédrico ($\delta = -170$ y -220 ppm) y el silicio tetraédrico ($\delta = -62$ y -120 ppm); (b) *Grado de polimerización tetraédrica Qⁿ* ($0 < n \leq 4$). Según se incrementa el grado de polimerización las líneas del espectro de ^{29}Si se desplazan hacia

valores más negativos. Se distinguen 5 regiones en el espectro: tetraedros aislados Q^0 ($\delta = -66$ a -74 ppm); dímeros y grupos finales de cadena Q^1 ($\delta = -75$ a -80 ppm); grupos medios de cadena Q^2 ($\delta = -84$ a -86 ppm); estructuras planas Q^3 ($\delta = -90$ a -100 ppm) y estructuras tridimensionales Q^4 ($\delta = -103$ a -115 ppm); (c) *Diferentes entornos Si-O-R*. La sustitución de un Si por un Al produce un desplazamiento de las líneas hacia valores más positivos entre 3 y 5 ppm. Este hecho se da mucho en aluminosilicatos.

Los espectros de ^{27}Al RMN MAS ofrecen información sobre (a) *nº de coordinación*. Según se incrementa el grado de coordinación, la señal se desplaza hacia valores más negativos, distinguiéndose *Aluminio Tetraédrico* (Al_T , $\delta = +70$ a $+50$ ppm); *Aluminio Pentaédrico* (Al_P , $\delta = +30$ ppm) y *Aluminio Octaédrico* (Al_O , $\delta = +15$ a -5 ppm); (b) *Grado de polimerización*. En los espectros de ^{27}Al no se observan diferencias relevantes en función del grado de condensación; (c) *Diferentes entornos Al-O-R*. En aluminosilicatos los átomos de Al están rodeados por átomos de Si, dando unidades $q^0(\text{mSi})$ ($q^3(3\text{Si})$ $\delta = +80$ a $+70$ ppm y $q^4(4\text{Si})$ $\delta = +68$ a $+55$ ppm).

A continuación se presenta un breve resumen de la información que se obtiene al aplicar esta técnica de caracterización estructural de los materiales cementantes tanto a las fases anhidras como hidratadas. El clinker del cemento portland está constituido por alita, belita, aluminatos y fase ferrítica. Los espectros de ^{29}Si RMN MAS de la alita y la belita dan lugar a una señal ancha cuyo máximo aparece a -74 y $-71,5$ ppm respectivamente, asociados a la presencia de monómeros (unidades Q^0). Los aluminatos dan lugar en el espectro de ^{27}Al RMN MAS a una señal centrada entre $+78/+85$ ppm asociada a la presencia de aluminio en posición tetraédrica.

En la hidratación del cemento se produce como producto mayoritario un

silicato cálcico hidratado lo cual da lugar a importantes modificaciones en el espectro de ^{29}Si RMN MAS. Se produce un desplazamiento de las señales de ^{29}Si hacia valores más negativos, detectándose la presencia de unidades Q^1 finales de cadena (-78 ppm) y unidades Q^2 , intermedios de cadena (-84 ppm). En función de las proporciones de dichas señales, hay publicados diversos trabajos que basándose en un modelo estructural para el gel C-S-H tipo "*dreierketten*" relacionan las intensidades de las señales anteriormente mencionadas con la relación Ca/Si de los geles.

En los espectros de ^{27}Al RMN MAS se observa como la señal de $+84$ ppm asociada a la presencia de Al_T en las fases anhidras disminuye llegando incluso a desaparecer en función del grado de reacción del material. Mientras que se detecta la presencia de una señal entre $+12$ a $+8$ ppm asociada a la presencia de hidratos hexagonales (Al_O).

Con esta técnica se han realizado numerosos estudios comparativos para ver como se modifica la estructura del gel C-S-H en la hidratación de un cemento con adiciones (escorias, cenizas, metakaolin, etc.). Estos estudios han permitido detectar la presencia de Al tetraédricamente coordinado en su estructura. Este Al se encuentra ocupando las posiciones de puente tetraédrico en las cadenas lineales de silicatos del gel. Diferentes autores han publicado ecuaciones que permiten determinar la longitud media de la cadena de silicatos, la relación Si/Al del gel, el porcentaje de puentes tetraédricos de la cadena ausentes, ocupados por Si o por Al.

Finalmente, en la conferencia se presentó un resumen sobre algunos de los resultados obtenidos al aplicar esta técnica a otros materiales con propiedades cementantes como es el caso de los denominados cementos alcalinos, donde la presencia de unidades con un mayor grado de polimerización que las que se obtiene en un cemento portland han sido detectadas (unidades Q^3 y Q^4),

así como la presencia de Al_T dentro de la estructura ha sido confirmada por los resultados de ^{27}Al RMN MAS.

LAS ESCUELAS DE LA SAGRADA FAMILIA DE GAUDÍ. TRASLADO Y RECONSTRUCCIÓN DE LA CUBIERTA

Josep M^a Adell i Argilés

Profesor Dr. Arquitecto
Madrid

11 abril 2002

Las Escuelas de Gaudí, a los pies de la Sagrada Familia, son la joya de la Arquitectura modernista en ladrillo, que hasta ahora no han lucido, al permanecer ensombrecidas por el Templo. El Templo, como un gigante, está pisando a las pequeñas Escuelas desde 1995, con la indiferencia dirigida a un pobre que pide amparo a las puertas de la Iglesia.

Se construyeron hace 92 años, sabiendo desde su inicio que eran provisionales dado que impedían, con su ubicación, poder terminar el Templo, lo que actualmente ocurre con ellas. Durante este tiempo, no se han apreciado en su justo valor e incluso han sido agredidas, recortándolas sin miramientos ante la evidente necesidad de su traslado.

En el 150 Aniversario del nacimiento de Gaudí, quiere ahora resolverse con prisas y acabando de destrozarlas, lo que queda de las Escuelas, justificando un traslado recortándolas a trozos y pegándolas de nuevo, cuando puede hacerse de forma integral.

I.- Las Escuelas de Gaudí, una de las obras más apreciadas por su autor es, no obstante, la más desconocida de todas las que hizo el gran Arquitecto de Reus. A ello ha contribuido quizá el hecho de estar ubicadas a los pies de la Arquitectura más conocida del mundo: El Templo de la Sagrada Familia. La originalidad de Las Escuelas se da

a conocer ahora, por fin, públicamente en esta investigación.

I.1. Interés de las Escuelas por su originalidad técnica

I.2. Descripción de las Escuelas de Gaudí

I.3. Interés de las Escuelas de Gaudí en la Arquitectura posterior

II.- En el 150 aniversario del nacimiento de Gaudí y sin haberse llegado a abrir nunca al público después de sus 92 años de existencia privada, las Escuelas saltan a la opinión pública, mostrándonos el significativo recorte practicado en ellas en el año 95, cuando de nuevo quieren volverse a cortar en muchos más trozos para su traslado (y poder así seguir la construcción del Templo ya que se ubican a los mismos pies de la nave), generándose grandes dudas sobre su conservación y dificultad del traslado y apedazado.

II.1. Situación actual de las Escuelas

II.2. La copia realizada de las Escuelas en Badalona

II.3. El traslado por trozos y apedazado de las Escuelas dentro del mismo solar

III.- Alternativamente se ofrece una opción de traslado de manera integral por flotación, específicamente ideado para la perfecta conservación de estas Escuelas, así como una nueva ubicación en un entorno más apropiado que las resalte adecuadamente.

III.1. La nueva ubicación de las Escuelas en la Plaza contigua.

III.2. Traslado por flotación ideado. Proceso constructivo.

III.3. Fases de desplazamiento hacia la nueva ubicación.

I. EL PASADO DE LAS ESCUELAS DE GAUDÍ

Las Escuelas de Gaudí, situadas en el solar de la Sagrada Familia, tienen una planta de proporción rectangular de unos 20x10 m, con acceso por el centro de la fachada frontal, y con los patios a la fachada posterior. Las pare-

des son en su totalidad curvilíneas, albergando, además del cuerpo de acceso, los aseos, junto a los extremos de los laterales menores.

Como dice Juan Bassegoda-Nonell, en la separata de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando en 1994: "La Arquitectura del "planoide" es una concepción gaudiniana basada en la geometría reglada en lugar de los cuerpos simples de la geometría euclidiana, que le permitió desarrollar una manera de construir de impecable lógica y funcionalidad, inspirada en la geometría de la naturaleza y de aspecto muy diferente de la de cualquier estilo a lo largo de la historia".

"Por tanto, la Arquitectura del "planoide" (conoide) es un invento de Gaudí"

"El albañil hace paraboloides hiperbólicos sin tan siquiera apercibirse de ello"

Las Escuelas fueron incendiadas dos veces durante la Guerra Civil, una en julio de 1936 y otra en enero de 1939, afectando a la totalidad de la cubierta, que se derrumbó ya que estaba apoyada sobre tablonos de madera, y fueron también reconstruidas dos veces por el Arquitecto Quintana, siendo la cubierta actual la de la segunda reconstrucción del año 1940.

Las paredes están construidas con un tabique doblado, de apenas 9 cm de grueso total, que es la suma resultante del doble grueso del ladrillo (29x14x4 cm) junto con su mortero (4+4+1 cm). Tiene además la originalidad de tener los ladrillos del tabique dispuestos verticalmente mostrando sus tablas al exterior. Gaudí, con esta peculiar disposición de las piezas, separadas 15 cm entre sí, logró que la curvatura de las paredes fuera lo más fluida posible, lo que tiene especial influencia al practicar la mayor curvatura en el encuentro de los extremos de las fachadas frontales largas con las laterales cortas.

La cubierta se construyó como una bóveda tabicada de tres gruesos, com-

poniendo un conjunto de conoides contrapuestos, cóncavos y convexos, en lo que a su curvatura vertical se refiere, unidos entre sí en la línea recta dispuesta sobre el eje central del edificio. Dichos conoides estaban formados por las generatrices rectas de los tablonos de madera, que se apoyaban en la viga central y en las fachadas longitudinales. Estos tablonos salvaban la distancia entre la viga central de las Escuelas, constituida como directriz horizontal, y cada una de las paredes de las fachadas principales, constituidas como directriz curva o sinusoidal. Sobre la viga sobresalía una cresta central.

Le Corbusier dibujó en su bloc de notas, de forma expresiva, la envolvente volumétrica del edificio, y, sobre ella, resalta gráficamente la viga y además añade por escrito su nombre en francés (poutre), dejando así claro, sin ningún género de dudas, que el nervio central de la cubierta estaba superiormente a la vista desde el exterior, tal y como se puede apreciar en las fotografías de la época previas al incendio de la cubierta.

También el Arquitecto Luis Moya Blanco, conocido por su importante obra por él realizada con arcos y bóvedas tabicadas, visitó las Escuelas de la Sagrada Familia en Barcelona, antes de que éstas fueran quemadas y su techumbre derruida. Como auténtico profesional de la materia que era, elaboró un croquis de especialista en la construcción tabicada, con un dibujo que deja bien claro, y sin ningún género de dudas, que la cubierta original de las Escuelas de Gaudí, tenía la viga central sobresaliendo, a modo de cresta, dividiendo longitudinalmente por el medio la cubierta en dos faldones.

II. EL PRESENTE DE LAS ESCUELAS DE GAUDÍ

A lo largo de 92 años de la existencia de las Escuelas, y después del doble incendio (1936/1939) y doble reconstrucción que soportó el edificio, apenas se ha actuado sobre él como no sea para impermeabilizar alguna que otra gotera.

Durante la progresión de las obras de la Sagrada Familia y acercándose el año 2000, fecha en que se hizo una misa solemne para conmemorar la terminación de la nave central del Templo, se tomaron apresuradamente decisiones respecto del crecimiento de la nave del Templo hacia el Pórtico frontal de la Gloria, cuya ubicación coincide precisamente en el mismo espacio físico de uno de los laterales de las Escuelas, lo que implicó el recorte de la esquina norte de las Escuelas en dos trozos en el año 1995 (cuando se hubiera podido cortar sólo en uno, manteniendo la original curvatura de la esquina de las Escuelas de Gaudí). Desde entonces el Templo está "pisando" las Escuelas, y de los dos trozos recortados en su día, que se "aparcaron" en las inmediaciones, después de armarlos con mallazos y gunitarlos por su trasdós, no se tiene evidencia de dónde se encuentran en la actualidad.

Midiendo el plano de la reconstrucción de Quintana, la longitud de paredes originales de Gaudí frente a las rehechas por Quintana, se comprueba que la proporción real es de 75% de paredes originales frente al 25% de paredes no originales, lo que casualmente contrasta en sentido totalmente opuesto, con lo que dice la Junta Constructora.

En resumen, pues, el traslado que plantea hacer la Junta Constructora de la Sagrada Familia, por trozos y apedazado, después de justificar lo injustificable, empleando para ello mediciones manifiestamente (o maliciosamente) erróneas, queda claro que se trata solamente de una "manera de hablar", puesto que la intención explícita consiste en hacer una copia totalmente nueva del original antes de recortarlo a trozos, dada su injustificada "imposible salvación", para colocarlos distantes unos 30 m de la situación original, y girándolos 90° quedando a los pies de la Portada de la Pasión.

Respecto a la cubierta, hay consenso sobre que no es la original de Gaudí, sino la rehabilitada por Quintana en 1940, y además tendrá que ser reconstruida de nuevo.

Si analizamos en profundidad la copia de las Escuelas realizada en Badalona, podrá observarse que la misma tiene sustanciales variaciones respecto del original, lo que la convierte en un subproducto de la obra de Gaudí, dado que ni siquiera queriendo ser fidedigna, lo ha logrado conseguir, a la vista del importante error de replanteo que manifiesta su ejecución, con respecto a la obra original de Gaudí.

Cabe decir, pues, que la copia realizada en Badalona, se aleja tanto del original real, hasta el punto de que sería totalmente imposible casar trozos originales del edificio de Gaudí con trozos del edificio copiado, lo cual plantea hacerse precisamente delante de la fachada de la Pasión. Teoría que permitiría adaptar los recortes que van a hacerse del original hasta esta nueva ubicación.

Por todo ello se considera imprescindible no cortar las Escuelas originales de Gaudí por endeble que éstas estén, para lo cual hoy día existen más que sobrados medios técnicos para reforzar, rehabilitar, consolidar las partes que puedan estar más afectadas por los incendios. Una vez consolidado, hay que plantear su traslado integral de "una pieza".

En ningún caso, una copia por buena que ésta fuera podrá sustituir al original, y todo lo que él es capaz de transmitir a las sucesivas generaciones, ya que en él están marcadas todas las vicisitudes históricas que al edificio le ha tocado vivir.

III. FUTURO DE LAS ESCUELAS DE GAUDÍ

Evidenciado que dentro del solar de la Sagrada Familia no tiene cabida física el edificio de las Escuelas trasladado, por lo menos desde un punto de vista de su apreciación visual como obra individual, con el mínimo espacio circundante y con un fondo apropiado para su contemplación, no queda otra posibilidad que pensar en buscar un lugar en las inmediaciones de dicho solar.

Bajo estos planteamientos, el chaflán de la esquina de las calles Mallorca y Sardanya, inmediato a la ubicación original de las Escuelas, se perfila como el lugar más idóneo para su nueva ubicación, aprovechando precisamente el entorno arbolado que permitirá enaltecer tan singular obra de Gaudí. Obra que ha pasado desapercibida hasta ahora, como si se tratara de un enano a los pies de un gigante, lo que se logrará evitar totalmente en la nueva ubicación, al quedar envuelta de vegetación a su alrededor.

Es evidente que cualquier traslado "por trozos" es más económico que un traslado integral de un edificio, por lo tanto, si la cuestión de conservar las Escuelas de Gaudí, se plantea en términos exclusivamente económicos del coste del procedimiento de traslado, nada es más económico que "cortar y pegar".

Estudiando detenidamente la organización en planta del edificio de las Escuelas y el reparto de cargas que el mismo ofrece, que responde a una simetría perfecta en el eje transversal y a un aproximado equilibrio en el longitudinal, si consideramos el extremo sobresaliente de la fachada principal respecto de la ubicación de los aseos junto a la fachada posterior, se ha inventado un sistema específico de traslado para salvar las Escuelas de Gaudí, que nace de la ligereza propia de sus paredes y cubierta, y del reparto equilibrado de sus masas, función de su planta de edificación. Por todo ello, el Sistema es específicamente idóneo para trasladar las Escuelas de Gaudí.

"El Sistema consiste en aislar la cimentación del edificio con respecto al terreno que lo sustenta, establecer bajo ella una plataforma adecuadamente configurada para sustentar el edificio, por flotación, sobre una masa líquida y establecer un vaso o canalización entre las posiciones inicial y final para el edificio, llenando dicha canalización con el líquido apropiado (agua natural o de mar...) para que el edificio sufra una elevación, efectúe seguidamente un desplazamiento lineal o giratorio

del mismo, según se desee, y procediendo finalmente a eliminar el líquido, para lograr que se produzca su automático descenso en el nuevo lugar y posicionamiento previsto para el edificio”.

Entre las ventajas del Sistema de movilización de las Escuelas por flotación, están:

- Es un procedimiento ecológico y económico que no consume ningún tipo de energía.
- Logra desplazar el edificio sin técnicas complejas y con infinitas posiciones de ajuste.
- Permite una absoluta fiabilidad en el nivelado de elevación y movimiento del edificio.
- Es muy idóneo para cuando hay que cambiar de posición, orientación y cota de nivel.
- No se requiere ni nivelar, ni hormigonar, ni reforzar el terreno sobre el que se desplaza
- Requiere el mismo coste de refuerzo de cimentación que cualquier otro método usado.

Se diferencian 3 fases de desplazamiento de las Escuelas hasta su nueva ubicación:

Fase 1ª: consiste en el llenado del vaso inicial donde están originalmente ubicadas las Escuelas, para lograr el ascenso por flotación del edificio hasta el nivel deseado en función del desplazamiento fijado.

Fase 2ª: consiste en desplazar el edificio por flotación una distancia de unos 60 m, pasando sin tocarlo, por encima de parte del solar de la Sagrada Familia, por encima de las aceras y calzada de la calle Sardenya, hasta adentrarse por encima del jardín de la plaza de la Sagrada Familia. En esta fase se habrá controlado que el nivel de flotación de la embarcación que constituye el edificio, sobrepasa, sobradamente, todos los altibajos que pudiera haber, como los bordillos de las aceras, etc.

Fase 3ª: consiste en un giro de -135° de la embarcación de las Escuelas, y su posterior retranqueo, unos 5m,

hasta adentrarse en el interior del perímetro achaflanado de la zona ajardinada de la Plaza de la Sagrada Familia, que da frente a la esquina entre las calles Mallorca y Sardenya.

Una vez llegada la embarcación a su ubicación definitiva, se procederá al vaciado del vaso final muy lentamente, hasta lograr que el descenso de las Escuelas adentre su cimentación junto con el grueso de la plataforma, en la excavación practicada en la nueva ubicación, de manera que el césped cubra el perímetro del edificio.

PROPIEDADES DE LA MADERA Y DERIVADOS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Juan Ignacio Fernández-Golfin Seco
INIA - Laboratorio de estructuras
Madrid

25 abril 2002

La madera es un material heterogéneo, anisótropo e higroscópico proveniente de las raíces y los troncos de los vegetales leñosos superiores provistos de crecimiento secundario. Esta definición excluye a los tejidos de la palmera y el bambú, materiales muy usados en ciertas partes del mundo como elementos estructurales pero que no pueden ser considerados como “madera”.

La madera posee una estructura tubular con acusada orientación longitudinal, según el eje del árbol, arriostada transversalmente mediante una más o menos ligera estructura tubular secundaria (que conforma lo que se denomina radios leñosos). Esta acusada orientación longitudinal es la causa de una de las singulares propiedades de la madera: su anisotropía. De acuerdo con esta propiedad, cuando se habla de las propiedades físico-mecánicas de la madera siempre es necesario referirse a la dirección en la que han sido establecidas (longitudinal y transversal).

En la composición estructural de la madera entran a formar parte una gran cantidad de elementos anatómicos dotados de funciones y características diferenciadas (parénquima, fibras, vasos,...). Este hecho y sobre todo el que entre una especie y otra, e incluso dentro de un mismo árbol, varíe la proporción entre los distintos elementos anatómicos presentes hace de la madera un material heterogéneo, es decir, de propiedades muy variables. La heterogeneidad de este material obliga a que cuando se establecen las propiedades físico-mecánicas de las maderas sea necesario citar la especie y la procedencia. Por ejemplo, un pino silvestre no tiene las mismas propiedades que un pino radiata y un pino silvestre de la procedencia Valsain (cerca de Madrid) no tiene las mismas propiedades que, por ejemplo, un pino Soria, siendo ambos de la misma especie.

Finalmente, es necesario decir que el agua está presente desde la misma constitución de la madera. Cuando el árbol está en pie el agua es vehículo que emplea el árbol para transportar las sustancias minerales desde las raíces a las hojas y es la base de los sistemas circulatorio, digestivo y respiratorio de los árboles. Cuando es derribado el árbol, su madera posee un muy elevado contenido de humedad (habitualmente puede llegar hasta el 100%), que va perdiendo poco a poco durante su secado hasta alcanzar una situación de equilibrio con el medio (humedad de equilibrio), momento en el que su humedad se hace estable. En este proceso de pérdida de humedad la madera se contrae y, en ocasiones, se deforma. La avidez de este material por el agua no se pierde con su secado ya que el elemento químico más presente en su composición es la celulosa, que tiene gran avidez y capacidad de fijación del agua (higroscopicidad).

Las propiedades del material varían con la humedad de la madera (sólo por debajo de un punto, llamado de saturación de las fibras y que como media se sitúa en el 30%), motivo por lo cual las propiedades del material deben ser dadas para una humedad de referen-

cia. En nuestro país lo normal es aportar las propiedades de este material para una humedad del 12%.

Cuando se caracteriza físico-mecánicamente una madera para ser utilizada, por ejemplo, como material estructural es necesario realizar muestreos muy intensos, que abarquen todas las fuentes de variabilidad posible del material: procedencias geográficas del material, calidades, dimensiones, etc. Esto hace que, por ejemplo, para caracterizar la madera de nuestro pino laricio haya sido necesario llegar a ensayar algo más de 3.000 vigas de 2, 3, 4 y hasta 5 metros de longitud (y diversas secciones transversales).

La calidad del material destinado a usos estructurales se evalúa visualmente de acuerdo con lo establecido en la norma UNE 56544, que considera dos clases de calidad distintas: ME1 (primera) y ME2 (segunda). La misma norma asigna la clase de resistencia que debe ser empleada para cada agrupación especie-calidad. La tabla 1 aporta dicha asignación.

La norma EN 338 establece los valores mínimos de las diversas propiedades (resistencia a la flexión, a la tracción, a la compresión, módulos de elasticidad, etc.) que son de aplicación según la clase de resistencia considerada. Es necesario citar la particularidad de que dichas propiedades son aportadas por la norma para una sección de referencia de 150x50 mm, de forma que si las dimensiones de la pieza que estamos calculando son distintas habrá que hacer uso de una serie de expresiones para determinar los valores que serán de aplicación a nuestro caso.

Por otra parte, es necesario citar que en la norma EN 1912 se establece una

gran tabla en la que se listan todas las maderas y calidades (con explicitación de la norma empleada para su establecimiento) según las clases de resistencia buscadas. De esta manera cualquier constructor que busque, por ejemplo madera de la clase C 24 sabrá que la puede conseguir, por ejemplo, con una madera de pino silvestre de la clase S2 de procedencia alemana, con un pino radiata de la calidad ME2 de procedencia española, etc. De esta manera el arquitecto/ingeniero calcula según clases resistentes y el constructor puede tener un mercado amplio para encontrar la mejor madera de dicha clase resistente.

A la hora de calcular con este material es necesario tomar en consideración que no sólo la especie de madera, su calidad y humedad influyen en su resistencia y elasticidad sino que el tamaño de la sección y la duración de la carga lo hacen también. El Eurocódigo 5 y también el Código Técnico de la Edificación establecen una serie de coeficientes y de expresiones que permitirán calcular con total seguridad en las situaciones y con las dimensiones más diversas.

El hecho de que la madera sea prácticamente inmune a la temperatura y que su combustión sea lenta, con producción de carbón y a una velocidad muy constante hace que las estructuras de madera presenten una elevada y predecible resistencia al fuego: cuando se desea una determinada resistencia al fuego sólo bastará dar el sobregueso necesario a la sección correspondiente al material que se va a carbonizar durante dicho tiempo.

De todo lo comentado se deduce que la madera es un material estructural noble, ecológico (su aprovechamiento

es renovable si se gestionan los montes de forma racional) y bello, que puede seguir ocupando un importante nicho en el mercado de la construcción pero que para su correcto empleo requiere un cierto nivel de conocimiento sobre sus particularidades y mejores formas para su trabajo y protección.

Premios Calidad ARQUITECTURA Y VIVIENDA 2001
Comunidad de Madrid

Premio a la Estética

Cubierta para las ruinas arqueológicas de la Casa Hippolytus. Alcalá de Henares

Autor: Juan Pablo Rodríguez Fradé, Arquitecto
Colaboradores: Ángel Cruz Plaza, Javier García Vaquero, Arquitectos

Premio a los Oficios

Edificio de oficinas T-7, en el Parque Empresarial de la Moraleja, Alcobendas

Autor: José Manuel Sanz, Arquitecto, José Luis Izquierdo Payan, Arquitecto
Colaboradores: Alejandro Lorca Melton, Arquitecto

Mención a los Oficios

Estufa fría en el Campo de las Naciones

Autores: J. L. Esteban Penelas y Emilio Esteras Martín, Arquitectos
Colaboradores: Arturo Estébanez Rubio, I. T. Agrícola; J. A. Torroja, Oficina Técnica

Premio a la Innovación

Revista TECTÓNICA. Colección de monografías técnicas de arquitectura y construcción

Directores: José María Marzo y Carlos Quintana, Arquitectos

Tabla 1

Asignación de clases resistentes a agrupaciones calidad-especie

Especie	ME1	ME2
Pino silvestre	C 27	C 18
Pino laricio	C 35	C 18
Pino radiata	C 24	C 18
Pino pinaster	C 24	C 18

Premio a las Soluciones de vivienda

76 viviendas y garajes en la calle Julio Caro Baroja, Madrid

Autores: M^a José Aranguren López, José González Gallegos, Enrique Herrada Romero y Marta Maíz Apellaniz, Arquitectos

Colaboradores: Sonia Csal, Valentín Díez, Ana Esteban, Juan González, Ignacio Gonzalo, Markus Lassan, Javier Oliva, Rubén Palacios y José Luis Sánchez

Mención a la vivienda saludable

21 viviendas de precio tasado en San Sebastián de los Reyes

Autores: Luis Martínez Barreiros, Francisco Oiza Cuadrado y Pedro López Pereda

PREMIOS CALIDAD ARQUITECTURA Y VIVIENDA 2002
Comunidad de Madrid

La Comunidad de Madrid, por medio de la Consjería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes, a través de la Dirección General de Arquitectura y Vivienda, convoca concurso público para la concesión de PREMIOS DE CALIDAD DE LA ARQUITECTURA

Y DE LA VIVIENDA correspondientes a la sexta edición, año 2002.

Estos Premios se crean según Decreto 127/1996, de 29 de agosto, para distinguir y destacar la calidad de las obras realizadas en la región y pretendan servir como estímulo, promoción y fomento de la calidad de la edificación, mediante el reconocimiento y distinción de actuaciones de carácter relevante en materia de arquitectura y vivienda, considerando los aspectos de:

- Estética
- Innovación
- Oficios
- Soluciones de vivienda
- Vivienda saludable

Información:

Javier Hernández
Jefe Servicio Normativa Técnica
Supervisión y Control
Maudes, 17
28003 Madrid
Fax 91 580 44 33
Tf: 91 580 43 37/8/9
javier.hernandez@madrid.org

BAU 2003

15º Salón Internacional de Materiales de Construcción, Sistemas de Construcción y Restauración de Edificios

Munich, 13-18 enero 2003

BAU 2003, la decimoquinta edición del Salón Internacional de Materiales de Construcción, Sistemas de Construcción y Restauración de Edificios, que se celebra del 13 al 18 de enero de 2003 en el recinto ferial de Munich, proporciona una visión general de los ámbitos de aplicación de los materiales de construcción de mayor uso tales como el acero, el hormigón, la madera y el aluminio.

Coincidiendo con BAU 2003, se celebrará asimismo GLASKON 2003. Foro de Innovación de Vidrio, Arquitectura y Técnica con Congreso y Exposición Especial. El Congreso, en el que se mantendrán ponencias sobre arquitectura y técnica, tendrá lugar el 15 y 16 de enero en el Centro Internacional de Congresos. La Exposición especial en el marco de la BAU 2003.

Información:

Messe München GmbH
Zentralbereich Presse und
Öffentlichkeitsarbeit
Pressereferat BAU
Messegelände
81823 München
Germany

Info@bau-muenchen.de
www.bau-muenchen.de
