

ASPECTOS MÁS SIGNIFICATIVOS EN LA REVISIÓN DE PROYECTOS DE CIMIENTOS Y ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN

(PRINCIPAL ASPECTS OF BUILDINGS FOUNDATION AND STRUCTURE PROJECTS CHECK)

Jesús Gómez Hermoso, Dr. Ingeniero de Caminos. FCC Construcción, S. A.

Fecha de recepción: 5-V-00
800-4

ESPAÑA

RESUMEN

En el presente artículo se muestran todos aquellos aspectos que se consideran importantes en la revisión del proyecto de la cimentación y la estructura de un edificio. Sin entrar en problemas concretos de cálculo, se enumeran los aspectos cualitativos que han de comprobarse y se subrayan todos aquéllos que pueden tener una mayor repercusión en la buena calidad del proyecto y de la obra.

Se tiene en cuenta, en primer lugar, la interrelación de la estructura con la arquitectura y las instalaciones del edificio, así como la que tiene (junto a la cimentación) con el entorno urbanístico y las características del terreno. Posteriormente se tratan los aspectos más propios del proyecto de estructura, como son los materiales, las acciones, el cálculo general y la comprobación de los distintos elementos (zapatas, pilotes, encepados, pilas, vigas y forjados). Junto a las estructuras de hormigón armado se analizan las metálicas y las de madera laminada encolada.

SUMMARY

This document show all important aspects on the foundation and structure building project check. No speaking about calculation problems, it enumerate the qualities aspects that could be checked and all that have major effect in a good project and construction quality.

It consideres at first, the relation between the structure and the architecture and the equipment building, and with the urbanistic aspects and the soil characteristics. Later, it talks about the typical aspects of structure, like materials, actions, general calculation and the checking of different elements (fo .ing, pile, supports, beams and slabs). It speaks about concrete, metallic and wood structures.

1. Introducción

La redacción de un proyecto que sirva de base para la ejecución de un edificio es una fase que siempre se ha entendido como fundamental por parte de todos los agentes que intervienen en el proceso. Sin embargo, no ha sido hasta fechas recientes cuando se ha considerado como necesaria, también, la revisión del mencionado proyecto.

La nueva cultura de la Calidad, y los Sistemas que ella implica en las empresas que participan en todo el proceso de promoción, proyecto, construcción, control y conservación, llevan inevitablemente a realizar supervisiones tanto del proyecto como de la ejecución de la obra.

Por otra parte, el desarrollo de una obra, desde el punto de vista del constructor, comienza por el conocimiento exhaustivo del proyecto. Alcanzarlo requiere un profundo estudio y revisión del mismo, tanto técnica como económicamente, analizando, también, alternativas en lo que respecta a las soluciones estructurales y a los procedimientos constructivos adoptados.

En diversos estudios estadísticos realizados sobre patología en edificios y sus causas, se sitúan entre el 40 y el 50% los casos en los que la causa fundamental se encuentra en un defecto de proyecto. Este hecho, junto a los descritos en párrafos anteriores lleva a la conveniencia de efectuar el estudio y análisis ya citado.

En los últimos años, en el Departamento de Cimientos y Estructuras de la Delegación Madrid Edificación II de FCC Construcción, S.A., hemos realizado la revisión y/o desarrollado los proyectos de cimentación y estructura de unos doscientos edificios. Esta experiencia permite alcanzar una serie de conclusiones sobre cuáles son los aspectos que con más frecuencia presentan deficiencias en los mismos.

Los puntos que se describen en los próximos apartados, como es lógico, no se presentan en todos los proyectos, pero sí lo hacen parcialmente en bastantes de ellos. Las causas generales y más frecuentes comienzan por errores de cálculo del proyectista. Sin embargo, no suele ser ésta la más numerosa ni, en muchos casos, la más trascendente. Es más habitual la falta de coordinación entre los tres componentes básicos de un edificio (arquitectura, estructura e instalaciones), el desarrollo del proyecto de cimentación y estructura con anterioridad al desarrollo del estudio geotécnico (sin una modificación posterior de aquél en función de los resultados de éste), y los cambios de la arquitectura del edificio siguiendo criterios del autor de la misma, de la Propiedad o de la Autoridad municipal sin que se recoja en el proyecto de la estructura.

Algunos de los aspectos tratados más adelante pueden parecer elementales (incoherencia en las luces de las vigas, cargas aplicadas de forma errónea, ...), pero se presentan con más frecuencia de la que se puede pensar en principio. Otros, como son los relativos al cálculo, sin embargo, no van a ocupar un espacio amplio en este documento, ya que entiendo que son objeto de otro tipo de fuente más especializada; si bien sí se realizará un repaso de aquellos elementos estructurales donde los mismos se encuentran con más frecuencia.

El objetivo que pretende cubrir este artículo no es tanto presentar una guía detallada de los pasos a seguir en la revisión de un proyecto de cimentación y estructura de un edificio, ni servir de cauce para el desarrollo de un proyecto (aunque alguien quizá podría utilizarlo con ambos fines), sino servir de orientación y llamada de atención sobre aquellos aspectos que, presentando defectos en el proyecto del edificio, pueden ser causa de una patología posterior durante el proceso constructivo o a lo largo de su vida en servicio.

2. Arquitectura y geometría

El primer paso que debe darse en todo estudio de un edificio, por elemental que parezca, incluso existiendo la posibilidad de que provoque la hilaridad del lector, ha de ser la comprobación de algunos aspectos geométricos sencillos, pero fundamentales. Entre éstos se encuentran las dimensiones de la parcela y del edificio proyectado, sobre todo cuando se construye entre medianeras, las

cotas relativas del terreno y la diferencia de las mismas entre esquinas opuestas.

Deben revisarse otros aspectos como:

-El número de plantas del edificio según los planos de arquitectura y los de estructuras (no es la primera vez que nos encontramos con un proyecto de estructura para un edificio con dos plantas menos que las recogidas en los planos de arquitectura).

-La altura libre por plantas representada en los planos de sección del edificio (figura 1), así como el canto previsto en los mismos para el conjunto de solado, forjado y yeso y pintura de techo, o falso techo. En ocasiones esta suma es tal que deja un canto de forjado inferior al proyectado para la estructura o bien obliga a un espesor de solado inferior al realmente ejecutable.

-Las rampas de los sótanos en ocasiones no respetan las pendientes máximas autorizadas o reducen el gálibo a valores inferiores a los permitidos.

-Las escaleras no siempre tienen un número de peldaños tal que, con la medida habitual de contrahuella, permitan alcanzar la diferencia de cota entre las plantas que unen. Esto da lugar a posteriori, durante la obra, a modificaciones de la longitud del hueco de la escalera en planta, con el movimiento que ello puede suponer de vigas y zunchos. También deben estudiarse los problemas de "cabezada", sobre todo, en escaleras con compensaciones en alguno de sus tramos.

-Los banqueros (planos a distintas cotas en la misma planta) se presentan con más frecuencia en la planta baja. No siempre se encuentran correctamente recogidos en los planos de estructura, con las modificaciones que ello crea en la continuidad y discontinuidad de vigas y de forjados.

-Los voladizos de la fachada del edificio (marquesinas, aleros, balcones, jardineras, ...) no siempre se encuentran representados de la misma forma, dimensiones geométricas o, incluso, su existencia o no, en los planos de arquitectura y estructura. La causa de ello se encuentra, en numerosas ocasiones, en las modificaciones habidas en la arquitectura tras el desarrollo del proyecto de estructura.

-El detalle de la situación relativa del perímetro exterior del forjado, la cara exterior de los pilares perimetrales y la fachada (de fábrica de ladrillo en numerosas ocasiones), no siempre se contempla en los planos de estructura (figura 2). Esto puede dar lugar a falsos apoyos, a una acumulación de plantas de fachada sobre la inferior o a fisuraciones en la misma por la inclusión del pilar en la hoja del medio pie externo. Las juntas en la fábrica de ladrillo de la fachada, aunque éste sea un detalle más

propio de albañilería y acabados que de estructura no deben descuidarse, ya que las acciones térmicas influyen de forma decisiva en su posible fisuración.

-Los huecos de escaleras o de patios interiores no siempre se encuentran correctamente recogidos en los planos de estructura, con las improvisaciones a las que esto obliga durante la ejecución de la obra.

-Las secciones de los pilares han de ser iguales en forma y dimensiones en ambas colecciones de planos, estructura y arquitectura. Con frecuencia esto no es así.

-Las luces de vigas y forjados también han de coincidir en ambos documentos. Con alguna frecuencia se producen ligeras diferencias que pueden no tener una trascendencia elevada para el cálculo estructural, aunque sí en aspectos

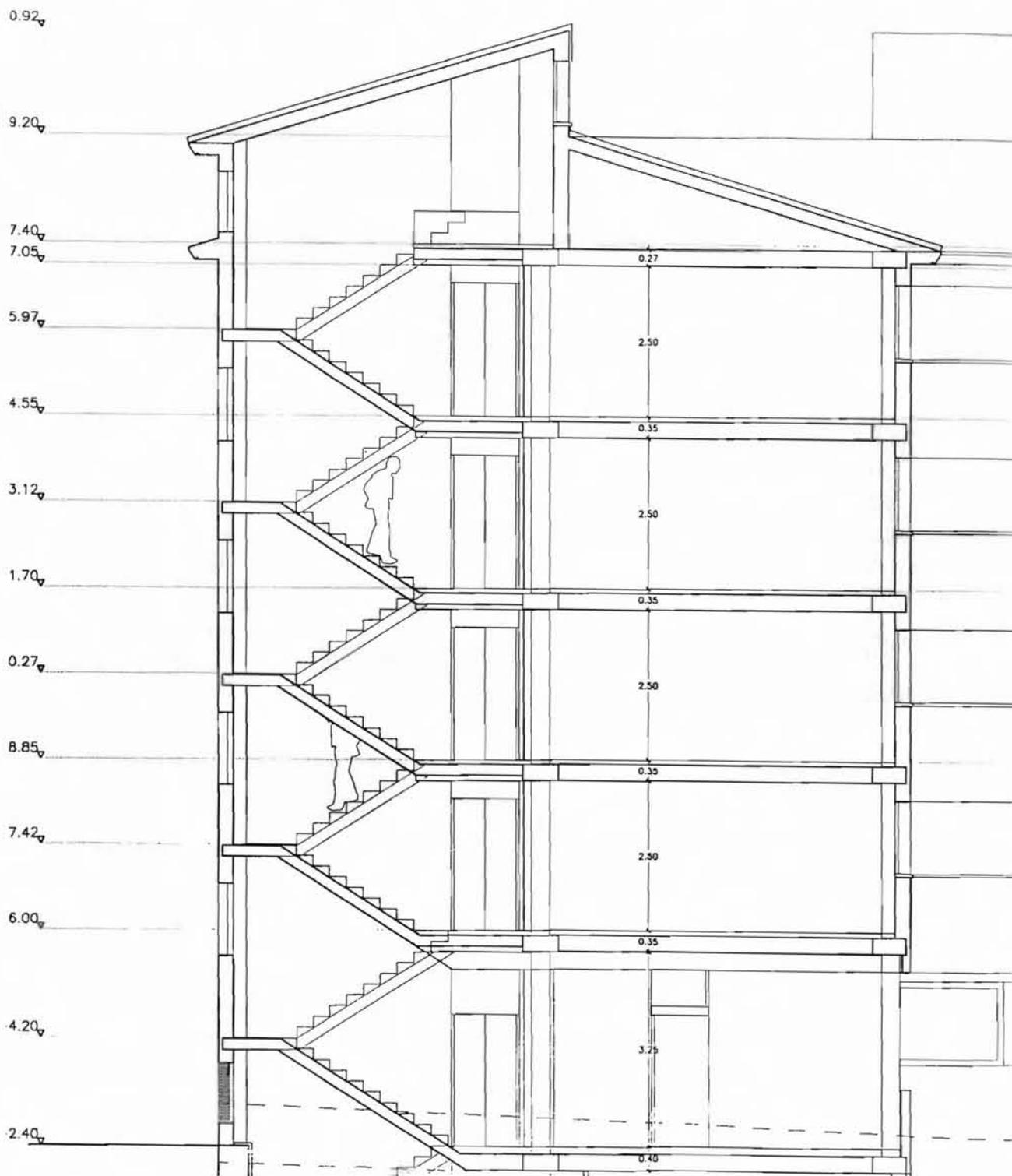


Figura 1.- Sección tipo de un edificio.

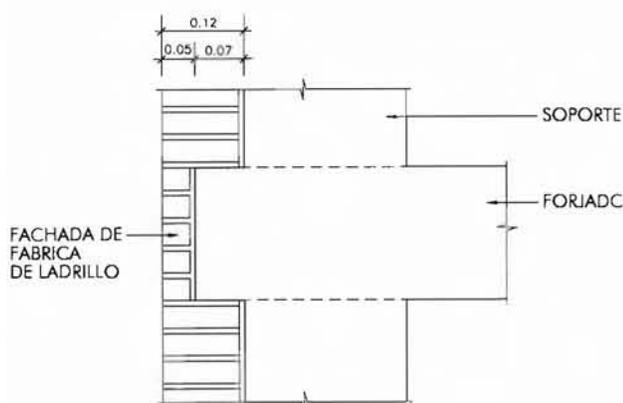


Figura 2.- Detalle de apoyo de fachada.

arquitectónicos. Si las diferencias comienzan a ser apreciables, tampoco será válida la estructura y será preciso confirmar, antes de la ejecución, cual de ellas es la luz correcta.

Un plano fundamental en toda obra es el de replanteo de pilares. Sin embargo, su existencia junto al resto del proyecto al comienzo de la misma no es tan frecuente como sería deseable. En este caso, si el plano de la cimentación se encuentra acotado, existe la tentación de utilizarlo como si fuera aquél. Esto provoca que además de los errores propios del mismo como obra humana que es, contenga también los derivados de las pequeñas modificaciones que se hayan producido en la arquitectura (desplazamiento de algún pilar, cambio del elemento a conservar o, incluso, de su tipo de sección).

La mayor parte de los aspectos arquitectónicos y geométricos que hemos relacionado en este apartado no son propios, en primera instancia, del proyecto de estructura de un edificio. Sin embargo, los errores derivados de ellos sí repercuten negativamente en él y en el desarrollo de la obra.

3. Instalaciones

La incidencia que pueden tener las instalaciones del edificio en la estructura puede pertenecer, fundamentalmente, a uno de estos tres tipos de causas: huecos, cargas, alturas libres.

Los huecos de los ascensores (y los casetones de la planta cubierta), los huecos de los patinillos de comunicación de las distintas instalaciones y los de ventilación del garaje, suelen ser los más significativos y, por las razones indicadas en el punto anterior para los de las escaleras, si no se encuentran correctamente definidos en el proyecto son una fuente de continuas improvisaciones durante la obra, y las mismas de posibles errores. Recientemente se ha comenzado a ejecutar en algunos edificios el sistema de recogida

automática de residuos sólidos urbanos, lo que genera el montaje de conductos y distribuciones cuya incidencia en el proyecto de cimientos y estructuras no siempre se encuentra prevista.

El cuarto de bombas, el transformador, otra maquinaria diversa o el aljibe (si es preciso), suelen provocar sobrecargas superiores a las generales de las zonas en las que se encuentran (plantas sótano, baja y cubierta). Si no está definida de forma precisa su ubicación definitiva, y la estructura proyectada para ello, puede convertirse en la causa que promueva la aplicación de los necesarios refuerzos posteriores a la ejecución de la misma. En ocasiones, cuando comienza la obra, no se conoce la situación del transformador o, incluso, si es necesario en el edificio. Este extremo debe concretarse con la compañía eléctrica suministradora de energía.

Los problemas geométricos derivados de la interacción de estructura e instalaciones suelen encontrarse en las zonas del edificio con maquinaria de aire acondicionado y, en las plantas de garaje, en los recorridos de los conductos de ventilación. Si a la altura prevista por el proyectista entre el suelo y el techo en estas plantas se le resta el canto de los conductos de ventilación, la altura libre disponible puede ser inferior a la exigida por el Ayuntamiento que concede las correspondientes licencias.

4. Condiciones del entorno

El primer aspecto que debe considerarse es el contenido de la propia parcela. A veces la misma se encuentra ocupada por algún edificio que se encuentra pendiente de expropiar y/o demoler y, mientras ello no se lleve a cabo, no puede comenzar la obra. En ocasiones se llega a construir el nuevo edificio, al menos parcialmente, permaneciendo el anterior, lo que obliga algunas veces a modificar parcialmente el proyecto y, siempre, el proceso constructivo.

También se puede encontrar ocupado el solar por líneas eléctricas aéreas, conducciones subterráneas, ya sean de agua (abastecimiento o saneamiento), telefónicas o gas lo que, al igual que en el caso anterior, obligará a adaptaciones del proyecto y de la obra. En la foto 1 se aprecia la interrupción que fue necesario llevar a cabo en la construcción de la estructura de un edificio por la existencia de un colector que dividía la parcela en dos partes, sin que fuera posible completar aquella hasta que fue reconducido el trazado de éste.

La situación de la urbanización es un aspecto importante a considerar en el proceso constructivo y, por tanto, en el proyecto, de los muros perimetrales de la planta sótano. El que ésta se encuentre ejecutada o no permitirá elegir el proceso constructivo de los muros, u obligará a uno



Foto 1.- Construcción interrumpida por la existencia previa de un colector de agua.

determinado. La relación entre dicho proceso y la tipología estructural de los mismos es directa. La existencia de servicios en la urbanización y el riesgo que entraña suafección durante la construcción de los muros, puede condicionar también su proyecto.

La elección de un tipo de muro u otro (convencional encofrado a una cara o a dos, muro-pantalla continuo o muro-pantalla de pilotes, fundamentalmente), afecta también a la arquitectura, ya que los espesores son diferentes y el espacio disponible que dejan en los sótanos también.

Cuando se construye un edificio en una parcela compartida con otro o tiene una fachada medianera, es preciso considerar también la situación relativa del edificio existente y su cimentación, así como las cotas relativas respecto al nuestro. El riesgo de descalzar al edificio colindante se encuentra presente siempre que su cota de cimentación sea superior a la de excavación del que construimos. También se puede presentar el caso opuesto, en el que nuestra cimentación (más alta que la del edificio colindante), pueda transmitir acciones sobre alguno de sus elementos estructurales. Si ambos edificios se encuentran pendientes de ejecución, y se espera construirlos en la misma época, es muy conveniente coordinar ambos procesos. Ello suele llevar a una simplificación del proceso y a una reducción de riesgos y de costes. En la foto 2 se observa la ejecución del muro de sótano de un edificio junto a la cimentación de otro ya existente.

5. Estudio del terreno

La "Instrucción de hormigón estructural EHE" en su "Artículo 4º: Documentos del Proyecto" indica que "Todo Proyecto comprenderá ... un estudio geotécnico de los terrenos sobre los que la obra se va a ejecutar ...". Sin embargo, no en todos los proyectos se dispone de un estudio geotécnico; o, si existe, no siempre se ha realizado antes de llevar a cabo el proyecto de la cimentación y la estructura.



Foto 2.- Construcción de muro de sótano medianero a otro edificio ya existente.

Por esta razón, uno de los primeros aspectos que ha de confirmarse es la fecha de ambos documentos, su correlación en el tiempo y que los criterios del primero se hayan tenido en cuenta en el desarrollo del segundo.

Los principales aspectos que se deben tener en cuenta en los casos más generales de edificación son los siguientes:

- Ensayos de campo (sondeos, penetrómetros, placas de carga, ...)
- Ensayos de laboratorio (identificación, resistencia a compresión, cohesión, ángulo de rozamiento interno, hinchamiento, edométrico, análisis químicos del suelo y del agua si se detecta, ...)
- Estratificación, homogeneidad y heterogeneidad del terreno
- Tensión admisible
- Nivel freático
- Expansividad de las arcillas
- Presencia de sulfatos en suelo y agua
- Empuje del terreno
- Resistencia por punta y por fuste de los pilotes

Esta relación, que no pretende ser una guía exhaustiva del contenido posible de un estudio geotécnico, sí recoge los aspectos fundamentales que pueden presentar singularidades en la revisión de un proyecto.

En los sondeos y penetrómetros es muy importante conocer la cota relativa de su boca respecto a un punto fijo. Con más frecuencia de la deseable, ésta no se facilita o se hace respecto a un punto que, con algún movimiento de tierras posterior, se pierde, desconociendo la cota relativa de los niveles "competentes" del terreno respecto a la cimentación prevista.

El nivel freático puede ser muy variable en el tiempo y en el espacio. Debe tenerse en cuenta la fecha en que se realizó la campaña de sondeos para prever la elevación o descenso del mismo a lo largo de la vida del edificio en servicio, así como la creación o demolición de construcciones próximas que puedan afectar a corrientes subterráneas o la presencia de agua sobre capas impermeables.

La potencial expansividad de las arcillas es difícil traducirla en una presión concreta y real sobre la cimentación. Lo más razonable suele ser respetar una serie de recomendaciones, tanto de proyecto como de ejecución de la obra y de conservación del edificio y, sobre todo, de su entorno. Es habitual que tras finalizar la construcción, ésta afecte tanto al nivel freático como a la expansividad del terreno, lo que debe tenerse en cuenta a priori.

La agresividad química del agua y del suelo, que no siempre se analiza, es necesario que sea conocida para determinar, entre otros aspectos, la necesidad del empleo de hormigones con cemento resistente a los sulfatos.

La determinación de la cohesión y el ángulo de rozamiento interno del suelo es fundamental para conocer el empuje del terreno sobre los muros perimetrales de las plantas situadas bajo rasante. Estos parámetros pueden variar con la cota vertical o entre distintas zonas de la parcela, lo que puede condicionar la solución adoptada para dichos elementos estructurales, tanto para el proyecto como para el proceso constructivo.

La determinación de la resistencia por punta y por fuste de los pilotes, así como la profundidad que han de alcanzar y la longitud de empotramiento de los mismos, es fundamental no sólo para tenerlo en cuenta en su ejecución, sino que, en ocasiones, puede condicionar la solución de cimentación desde el punto de vista económico respecto a otras tipologías de cimentación. En la foto 3 se aprecia la ejecución de un muro-pantalla de pilotes "encamisados". La existencia de una capa de terreno granular o con muy escasa cohesión normalmente obliga a este tipo de soluciones.

6. Solución estructural

El análisis de la tipología estructural elegida para el edificio cuyo proyecto se revisa tiene distintos enfoques en función de quién lleve a cabo esta labor. Una empresa de control de proyectos no ha de estudiar, normalmente, si la solución adoptada es la óptima, sino si respeta la normativa vigente. Una empresa contratada por la Propiedad para hacer el seguimiento integral del proyecto en su sentido más amplio, sin embargo, sí ha de realizar dicha labor. Desde el punto de vista de la empresa constructora la solución estructural correcta será aquella que, respetando la norma-



Foto 3.- Ejecución de muro-pantalla de pilotes "encamisados".

tiva vigente y garantizando la seguridad durante la construcción y la vida de la obra, optimice el proceso constructivo y los costes de ejecución.

A pesar de los distintos enfoques que puede plantear este aspecto de la revisión de un proyecto, existen ciertos criterios generales que, teniendo en cuenta la altura del edificio, las luces entre pilares, las acciones, el uso del edificio o, incluso, las características del terreno, recomiendan que la estructura sea de hormigón, metálica o mixta, con forjado unidireccional, reticular o de losa maciza (armada o pretensada).

Además de puntos tan generales como los anteriores, de forma más concreta es bueno tener presente los siguientes:

- Tipología de la cimentación
- Tipología de los muros
- Canto del forjado
- Núcleos de rigidización frente a acciones horizontales
- Arriostamiento (si es una estructura metálica) y traslacionalidad (foto 4)
- Juntas de dilatación de la estructura
- Juntas en la fachada de fábrica de ladrillo
- Interacción entre elementos estructurales de distintos materiales (hormigón, acero, fábrica de ladrillo)

Ha de tenerse en cuenta que, si bien parece que una elección óptima de la tipología estructural no es imprescindible, lo que sí es seguro es que una elección claramente errónea es una fuente continua de problemas a lo largo de todo el proceso proyecto-obra-servicio-conservación.



Foto 4.- Arriostamiento de una estructura con soportes metálicos y forjado de hormigón armado. Fase constructiva.

7. Materiales

Los materiales más habituales son el hormigón, el acero de armaduras pasivas y el acero en perfiles laminados. Sobre ellos habrá que comprobar que se encuentran definidos correctamente y de la misma forma en todos los documentos que constituyen el proyecto. Es frecuente que el tipo de hormigón que figura en los Planos no coincida con el definido en la Memoria o en las Mediciones e, incluso, que sea diferente entre distintos planos o al que se ha considerado en el Anejo de Cálculo de la estructura. Es importante aclarar este punto antes de comenzar la obra. Por una parte pueden existir razones contractuales para el empleo de uno u otro pero, por otra (que es la que aquí interesa), tiene una gran trascendencia en la seguridad de la estructura.

La reciente "Instrucción de hormigón estructural EHE" prescribe como resistencia característica de proyecto mínima para elementos de hormigón armado con función estructural 25 MPa. Sin embargo, en función de los condicionantes de durabilidad (que se traducen en la situación del elemento estructural y del entorno en que se encuentra), tendrá una dosificación y denominación distinta, con una relación agua/cemento y un contenido mínimo de cemento diferentes. En todos los documentos del proyecto debe encontrarse una definición coherente.

En las obras que se ejecuten siguiendo aún los criterios de la "Instrucción EH-91", debe tenerse en cuenta el mismo aspecto pero, en este caso, con la posibilidad de que para los mismos elementos se encuentren definidos, por ejemplo,

hormigones tipo H175 y H200 en distintos documentos.

El tipo de cemento a emplear en función, normalmente, de la agresividad del ambiente en que se encuentra la estructura, también ha de encontrarse claramente definido.

La definición del acero de armadura pasiva suele prestarse a menos confusión, dado el generalizado uso del de 500 MPa de límite elástico (AEH500S en EH-91, B500S en EHE). Sin embargo, en algunas ocasiones se emplea el tipo AEH400S (o B400S), sobre todo en elementos de cimentación.

Respecto al acero de perfiles laminados el utilizado con mayor frecuencia es el tipo A42b (siguiendo la denominación heredada de las antiguas MV), así como el A37b para elementos secundarios. Este hecho es la causa, quizá, de que en algunas de las ocasiones en que se proyecta algún elemento aislado con acero tipo A52b se produzca alguna confusión, ya sea en la revisión del proyecto o, incluso, en la ejecución de la obra.

Otro aspecto importante, desde el punto de vista constructivo, es la existencia de los perfiles metálicos que se definen en el proyecto. Algunos de los que figuran en las tablas de la normativa vigente e, incluso, en los prontuarios de las empresas suministradoras, no siempre se encuentran disponibles en el mercado.

8. Acciones

Las acciones consideradas sobre la estructura de un edificio se suelen definir siguiendo la NBE-AE88 para las de tipo general, y otras prescripciones, entre ellas las incluidas en Ordenanzas Municipales, para las especiales.

El peso propio de la estructura, generalmente, suele estar bien estimado. Sin embargo, la carga permanente es frecuente que esté infravalorada, sobre todo, por disponer en proyecto una capa de solado de menor espesor que el real.

Las sobrecargas de uso generales (garaje, trasteros, locales comerciales, viviendas, oficinas, locales públicos, ...) se encuentran, en general, bien definidas. Son las especiales y su situación las que se prestan a errores. El acceso de bomberos o ambulancias, la jardinería y las relativas a instalaciones (transformador, cuarto de bombas, ascensores, ...) con frecuencia no están contempladas en ambos proyectos (arquitectura y estructura) en la misma ubicación e, incluso, puede ser que se encuentre erróneamente omitida en alguno de ellos.

Las sobrecargas de tabiquería, en el caso general, suelen estar bien consideradas. Sin embargo, las cargas linea-

les correspondientes a tabicónes de peso superior a los 120 kp/m², las de fachada exterior del edificio o retranqueadas en planta ático, no siempre se recogen de forma adecuada.

Las acciones debidas al viento, al sismo o la nieve no siempre se encuentran contempladas en el proyecto. Es posible que la no consideración de la acción del viento en un edificio de pocas plantas o de la nieve en uno situado en la costa no tenga mayor repercusión técnica. Sin embargo, obviar la acción del sismo en zonas en que sí lo requiere la NCSE-94, puede reducir de forma muy importante la seguridad del edificio y de sus ocupantes.

Los efectos producidos por la retracción y la temperatura en el conjunto de la estructura suelen contemplarse a través de una correcta distribución de juntas de dilatación. Debe controlarse que éstas sean reales, no quedando impedido su movimiento, y que su separación es la adecuada.

El empuje de tierras sobre los muros perimetrales suele tener más trascendencia durante el proceso constructivo, ya que los mismos se pueden encontrar trabajando en ménsula frente a su situación final de servicio como empotrado-apoyado o empotrado-empotrado. Una vez construido el edificio los empujes del terreno desde lados opuestos se suelen compensar y no dar lugar a acciones adicionales. Sin embargo, en algunas ocasiones el nivel del terreno que se encuentra en los citados lados opuestos del edificio es distinto, dando lugar a una planta sótano en uno de ellos y a dos, tres, o cuatro en el otro. Este hecho provoca unos empujes horizontales permanentes sobre la estructura que han de tenerse en cuenta en su cálculo. En la foto 5 se observa un muro-pantalla de pilotes durante la fase de construcción. Éste requiere anclajes provisionales, contrafuertes y bermas que no serán precisos en la fase de servicio de la estructura, una vez que se encuentre acabada su ejecución.



Foto 5.- Muro-pantalla de pilotes con anclajes provisionales, contrafuertes y bermas durante la fase de construcción.

La acción del fuego sobre las estructuras se debe contemplar, fundamentalmente, a través de la NBE CPI-96, así como por otras normas de carácter local o parcial. La "Instrucción de hormigón estructural EHE", en su Anejo 7, recoge unas recomendaciones sobre la protección de los elementos estructurales contra el fuego. No siempre se contemplan todos sus extremos en el proyecto, lo que supone una reducción de seguridad de la estructura de hormigón y de la protección de las armaduras.

Las estructuras metálicas son especialmente sensibles a este fenómeno; de ahí la importancia de la protección contra el fuego de las mismas, debiendo garantizarse el correcto comportamiento de la solución adoptada (pintura, proyección o recubrimiento con elementos de fábrica, principalmente). En demasiadas ocasiones el proyecto no contempla esta protección.

9. Anejo de cálculo

Este documento, de gran importancia en el desarrollo del proyecto de la cimentación y la estructura, no siempre figura entre la documentación del mismo. En ocasiones por olvido, en ocasiones por desconocimiento o desprecio del valor que realmente tiene. El objetivo de este apartado es hacer un repaso de aquellos aspectos que deben considerarse en este anejo y establecer algunos criterios para su revisión.

El primer punto ha de ser la definición de la normativa que se toma como base para el cálculo de la estructura. Actualmente, existen proyectos y obras realizados con la Instrucción EH-91, mientras otros lo son con la EHE. En raras ocasiones se redactan proyectos con normativas de otros países (ACI) o de ámbito internacional (EC-2, MC-90, ...). Las estructuras metálicas se proyectan, generalmente, siguiendo la NBE EA-95, aunque algunas se desarrollen con el Eurocódigo nº 3 (EC-3).

Los materiales y las acciones consideradas deben ser coherentes con el resto del proyecto.

Los coeficientes de seguridad que se adopten han de tener en cuenta el control de ejecución que se pretende establecer en la obra. La revisión del proyecto es un buen momento para determinarlos, si se conocen ya las condiciones en que se va a ejecutar, o para corregir los coeficientes (y, por tanto, el cálculo total), el nivel de control citado, o ambos.

La combinación de acciones ha de respetar la normativa aplicada y tener en cuenta todas las acciones que hayan de ser consideradas (ver punto 8).

Los recubrimientos que han de tenerse en cuenta en el cálculo han de ser coherentes con la clase de exposición del elemento estructural calculado.

La modelización de la estructura y, sobre todo, de los enlaces y apoyos, ha de reproducir correctamente la realidad de los detalles constructivos.

Las reacciones en cimentación y las cargas y tensiones transmitidas al terreno han de ser coherentes con las conclusiones del estudio geotécnico.

Además de los esfuerzos y dimensionamientos comprobados en elementos estructurales, deben revisarse especialmente aquéllos que presentan singularidades (muros-pantalla en voladizo o anclados, pantallas de núcleos de rigidización, vigas de "apeo" o salvapilares, voladizos,...).

Especial atención debe prestarse a la esbeltez de los forjados y a su deformación, que, en ocasiones, es el principal origen de las fisuraciones aparecidas en las tabiquerías. Sin embargo, respecto a éstas debe tenerse en cuenta que no todas las patologías se deben, como es frecuente atribuir, a la mencionada deformación del forjado. En muchas ocasiones las numerosas rozas realizadas en ellas para embutir conductos (foto 6), o la no correcta elección de los elementos que las constituyen es la auténtica razón de sus defectos.

Respecto a los pilares, los metálicos pueden presentar en ocasiones un mal dimensionamiento por efecto del cálculo de inestabilidad (pandeo).

10. Elementos de hormigón armado. Aspectos generales

En la definición de los elementos estructurales de hormigón armado existen tres aspectos generales que han de



Foto 6 - Rozas en tabiquería para conducciones de electricidad y fontanería.

encontrarse perfectamente detallados en todos los proyectos: el recubrimiento, las longitudes de anclaje y las de empalme por solapo.

El recubrimiento exigido de las armaduras, con la aparición de la nueva Instrucción EHE, ha sufrido un incremento cuyo objetivo fundamental es mejorar la durabilidad de las estructuras. En numerosas ocasiones se define un recubrimiento general sin diferenciar entre tipo de elemento estructural o situación del mismo.

La NBE CPI-96 de protección contra el fuego define unos recubrimientos que, a su vez, incrementan en ocasiones el exigido por la normativa específica de hormigón, presentándose dicha exigencia de forma más notable en las zonas del edificio con una mayor resistencia al fuego requerida. Tampoco se recoge siempre este aspecto en los cuadros generales de espesor de recubrimientos.

Las longitudes de anclaje no siempre se aportan para las dos posibles posiciones de la armadura en el elemento de hormigón. En el caso de hacerlo para una sola para cada uno de los diámetros de las barras de acero, debe cuidarse que no resulte escasa en ninguna de las dos posiciones reales que se van a producir durante la ejecución de la obra. En cualquier caso, las longitudes definidas de las barras que constituyen la armadura ya suelen recoger las correspondientes al anclaje.

Los puntos que deben cuidarse especialmente son aquellos, como los extremos de las vigas y su armadura superior, en los que las condiciones habituales de ejecución no siempre permiten poner en práctica las longitudes y formas indicadas en los planos. En tales casos, será preciso modificar el detalle constructivo o el procedimiento de ejecución.

Las longitudes de empalme por solapo también suelen encontrarse englobadas en las totales indicadas en los planos para las armaduras. Sin embargo, los cuadros que figuran en los planos son casi siempre únicos, teniendo en cuenta sólo un porcentaje de barras solapadas trabajando a tracción, con relación a la sección total de acero. Debe concretarse cuál es dicho porcentaje. En la foto 7 se observa el empalme por solapo en las armaduras de un pilar.

11. Cimentación

En este apartado vamos a realizar un repaso de todos aquellos aspectos que se consideran como imprescindibles en la revisión de un proyecto de cimentación, sin entrar en el detalle ni en los criterios de validación de la solución adoptada. Se entiende que se realizará una comprobación numérica suficientemente representativa de cada uno de los distintos elementos estructurales.

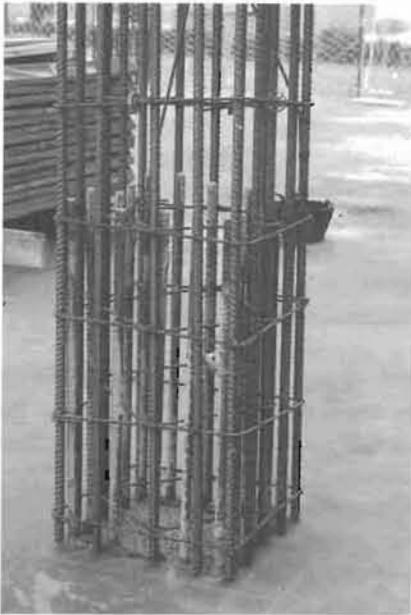


Foto 7.- Empalme por solape de las armaduras de un pilar.



Foto 8.- Viga centradora.

En primer lugar debe comprobarse la coherencia entre el estudio geotécnico y la tipología de cimentación (superficial, profunda o semiprofunda) adoptada, no siempre coincidentes. También deben supervisarse, fundamentalmente, la tensión admisible, el nivel freático, la agresividad del suelo y del agua y la necesidad de uso de cemento sulforresistente, así como los empujes sobre los muros perimetrales de las plantas sótano.

De las zapatas deben comprobarse sus dimensiones y armaduras, la cota de apoyo y la presión que transmiten al terreno.

Las vigas riostras y centradoras (foto 8) serán revisadas tanto en sus dimensiones y armaduras como en la necesidad de las propias vigas o su ausencia injustificada. En ocasiones se definen en los planos de planta de cimentación estas vigas uniendo zapatas que se encuentran a diferente cota, sin que se recoja ningún detalle sobre la variación de la misma.

De los pilotes se comprobarán sus dimensiones, armaduras y profundidad. Deberá analizarse el procedimiento constructivo previsto y las alternativas posibles en función de los condicionantes de la obra (disponibilidad de maquinaria o de elementos prefabricados en el mercado). En el caso de grupos de pilotes se analizará el efecto de grupo y para los encepados con pilote único o doble se estudiará la disposición de vigas riostras. Los encepados deben ser comprobados en sus dimensiones y armaduras.

Los muros convencionales, ya sean encofrados a una o a dos caras, han de analizarse en dimensiones y armadura para la situación de servicio del edificio y durante el

proceso constructivo, que, en numerosas ocasiones, condiciona su tipología. Las juntas de dilatación requieren un estudio específico, ya que en ocasiones su ausencia puede romper la discontinuidad planteada en el resto del edificio, mientras en otras su presencia no necesaria puede convertirse en una fuente de problemas, sobre todo relacionados con el agua y la impermeabilidad del propio muro.

Los muros-pantalla, tanto continuos como de pilotes, han de ser revisados en geometría y armadura, confirmando la profundidad requerida y el proceso constructivo. En gran número de oportunidades este último aspecto se encuentra muy relacionado con el estado de la urbanización. Ha de examinarse también la viga de coronación, los anclajes al terreno si son posibles y necesarios, o el sistema de arriostramiento en cabeza si estuviera planteada así la contención de los mismos en la fase previa a la ejecución de los forjados.

Un elemento que a veces no se encuentra definido, o no lo está de forma correcta (al menos en lo que se refiere a las cotas y niveles) es el foso del ascensor. Dicho foso suele interferir con algún elemento de cimentación (zapatas, encepados, vigas, ...) y este aspecto no siempre se recoge en los detalles del proyecto.

12. Pilares de hormigón armado

El primer documento fundamental para ejecutar los pilares de un edificio es el plano de replanteo. Como se ha indicado en alguno de los puntos anteriores, éste no siempre se encuentra disponible cuando se comienza la

obra. Debe solicitarse siempre, asumiendo que el plano de cimentación, aunque se encuentre acotado, no debe ser la referencia básica de la geometría del edificio.

Los aspectos fundamentales que deben revisarse en los planos de pilares de hormigón de un edificio son los siguientes:

-Orientación. La ausencia de este dato es fuente habitual de errores en la disposición de la armadura en obra.

-Materiales, coeficientes de seguridad y nivel de control de ejecución.

-Definición en toda y en su correcta longitud. Es relativamente frecuente localizar pilares cuya cimentación no se encuentra definida o zapatas de pilares cuyo extremo inferior se encuentra una o varias plantas por encima de la misma. Se han podido producir variaciones en los pilares a lo largo del proceso de proyecto (apeo de pilares en vigas de planta baja, por ejemplo) que no han sido recogidos correctamente en los planos.

-Coincidencia del tipo de sección de los pilares en los planos de arquitectura y estructura (cuadrados, rectangulares, circulares).

-Cumplimientos de secciones mínimas de hormigón y cuantías mínima y máxima de acero, así como la definición de estribos en los extremos.

-Evolución coherente en altura de la geometría y la armadura de cada pilar.

-Definición de detalles constructivos (variación de sección, esperas desde cimentación o vigas, ...).

-Comprobación de estado límite de inestabilidad (pandeo) en los casos de soportes más esbeltos (sección muy reducida con altura superior a la habitual).

-Cuantía de armadura y posibilidad real de un buen hormigonado sin la creación de coqueas.

Además, deben realizarse las comprobaciones numéricas correspondientes en los elementos más significativos, ya sea por su repetición o por su singularidad.

13. Vigas de hormigón armado

La definición de las vigas de hormigón armado suele responder a dos tipos de presentación: en el mismo plano se recoge toda la información de geometría y armadura, o bien en unos se recoge la distribución y ancho de las vigas en planta y en otros la armadura clasificada por vigas, pórticos y plantas.

En cualquiera de los casos es preciso comprobar, fundamentalmente, los siguientes aspectos:

-Verificar que se encuentran definidas todas las vigas de todos los pórticos y de todas las plantas. Es relativamente frecuente que se encuentre sin definir alguna viga e, incluso, algún pórtico o alguna planta completos.

-La luz de las vigas debe coincidir con la distancia entre pilares en los planos de arquitectura.

-Materiales, coeficientes de seguridad y nivel de control de ejecución.

-El canto de las vigas y de los forjados ha de ser tal que no genere deformaciones excesivas; al menos, no mayores que las indicadas por la normativa o las Instrucciones vigentes.

-Deben encontrarse definidas correctamente las armaduras de montaje, las principales inferior y superior (normalmente frente a esfuerzos de flexión), estribos y torsión.

-Las vigas de apeo (o salvapilares) deben estudiarse con especial detenimiento, ya que pequeñas variaciones de replanteo de pilares o de montaje de armadura pueden ocasionar pérdidas notables de seguridad. Al ser normalmente vigas descolgadas o levantadas pueden dar lugar a gálibos escasos bajo las mismas, o bien obstaculizar la circulación sobre ellas.

-Las ménsulas cortas han de recoger detalles constructivos que permitan una correcta distribución de la armadura.

-En general serán importantes los detalles constructivos, sobre todo, en los puntos de cruce de vigas, embrochamientos y todos aquellos puntos que supongan una elevada concentración de armadura que pueda dificultar el hormigonado del elemento estructural.

Para la comprobación numérica, además de la revisión general por un buen especialista, será preciso el cálculo paralelo de algún pórtico y la comprobación de algunos elementos singulares.

14. Forjado unidireccional

El forjado unidireccional (con elementos prefabricados de vigueta y bovedilla), con mucha frecuencia no se encuentra definido junto al resto del proyecto de la estructura. Posteriormente, durante la ejecución de la obra, es facilitado por la empresa suministradora del mismo, debiendo ser conocido y aprobado por la Dirección facultativa antes de su ejecución. Si es un forjado ejecutado todo él con hormigón in situ se encontrará definido y será revisado con criterios similares a los del forjado reticular.

Los aspectos fundamentales que han de ser comprobados en un proyecto de forjado unidireccional con elementos prefabricados de vigueta y bovedilla, son los siguientes:

-Definición de materiales, coeficientes de seguridad y nivel de control de ejecución.

-Canto y comprobación de la deformación en los casos así requerido por la normativa vigente. A estos efectos es importante conocer la elección de vigueta armada o pretensada, que se modifica, en ocasiones, entre la fase de proyecto y la de ejecución de la obra.

-Coherencia de luces de forjados con los datos geométricos de la arquitectura.

-Representación de irregularidades geométricas (huecos, voladizos, ...) que reproduzca las de los planos de arquitectura.

-Dirección del forjado coincidente con la prevista en los planos de estructura. En ocasiones se gira 90° algún paño, dando lugar a la descarga de algunas vigas y a la carga imprevista de otras o de algunos zunchos que no se encuentran previstos para ello.

-Coincidencia de las acciones con las del proyecto de estructura, así como definición de cargas lineales, ya sean de tabiquería interior o de fachada, sobre todo, retranqueada de planta ático.

-Armadura frente a esfuerzos de flexión negativa sobre apoyos.

Para la comprobación del cálculo se deben tomar las alineaciones más representativas (o singulares, según los casos) de esfuerzos de flexión y cortante, realizando la comparación con el tipo de vigueta elegida según las características recogidas en la autorización de uso.

15. Forjado reticular

El forjado reticular, ya sea con casetón recuperable (más frecuente en plantas sótano y garajes) o con encofrado perdido (más habitual en plantas sobre rasante), requiere la revisión de puntos similares, que son los siguientes:

-Definición de materiales, coeficientes de seguridad y nivel de control de ejecución.

-Coherencia de la geometría con la arquitectura (luces, cantos y huecos). En especial debe controlarse la ubicación de huecos en los ábacos, en las proximidades de los pilares.

-El ancho y separación de nervios. El primero, en alguna ocasión no se encuentra definido. En el caso en que sí lo

esté (por otra parte lo habitual), debe ser comprobado a efectos de protección frente al fuego, lo que puede ocasionar anchos diferentes en distintas zonas o plantas del edificio.

-Además de encontrarse todas las armaduras clara y completamente definidas (inferior y superior en nervios, superior de ábacos, punzonamiento de éstos, cortante a su salida y mallazo de reparto en capa de compresión), debe prestarse especial atención al detalle constructivo de la disposición de armaduras en las zonas con mayor concentración (ábacos). En la foto 9 se aprecia la elevada cuantía de armadura que se presenta normalmente en los apoyos de las losas macizas (o en forjados reticulares) sobre los pilares.

-Especial atención debe prestarse a la comprobación de las bielas de compresión en los ábacos que, en ocasiones, obliga a elevar el canto del forjado, crear un capitel o modificar el tipo de hormigón.

-Las vigas perimetrales han de encontrarse dimensionadas frente a esfuerzos de torsión. De otra forma es posible su fisuración.

La comprobación analítica del forjado debe serlo de alguno de los pórticos virtuales del mismo (si admiten este método) y de las superficies más representativas con un cálculo mediante un emparrillado plano.

Los forjados constituidos por losa maciza de hormigón pueden seguir unos criterios generales de comprobación similares a los de los forjados reticulares de casetones, siempre que su forma de trabajo estructural sea bidireccional. Especial atención ha de prestarse a la comprobación del E.L.U. de punzonamiento y a la del E.L.S. de deformación.

16. Elementos metálicos. Aspectos generales

En la definición de los elementos estructurales metálicos existen otros tres aspectos generales que deben contemplarse en el proyecto: ignifugación, soldaduras y placas de apoyo.

La ignifugación, como se ha indicado en el punto "8. ACCIONES", no siempre se tiene en cuenta cuando se desarrolla el proyecto, siendo el metal un material especialmente susceptible a la acción del fuego.

Las soldaduras se encuentran completamente definidas en pocos proyectos. En la mayoría únicamente existe una indicación genérica sobre el espesor mínimo de la garganta de soldadura, sin especificar nada sobre longitudes, procedimiento de soldadura o sobre el citado espesor de la garganta en las uniones especiales que puedan existir en el proyecto. Por extensión a este aspecto, los detalles

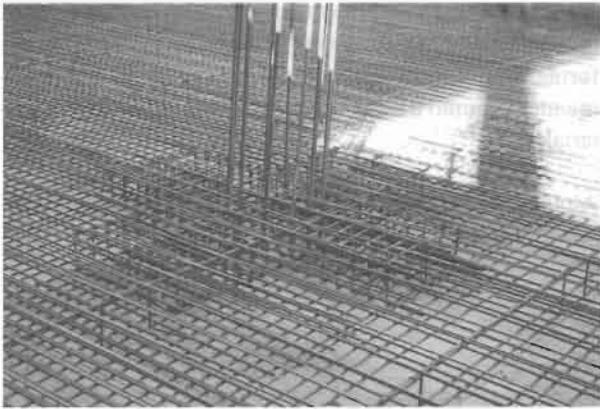


Foto 9.- Armadura en el ábaco de una losa de hormigón armado.

constructivos suelen ser escasos confiándose los mismos a los planos de taller, que no siempre se generan totalmente antes de la ejecución.

Las placas, con sus dimensiones y anclajes a elementos de hormigón, no siempre se encuentran definidas o correctamente definidas. A su vez, el proceso de ejecución de la obra lleva, en ocasiones, a modificar dichos anclajes, lo que debe controlarse para evitar pérdidas de seguridad en las uniones.

17. Soportes metálicos

Además de aspectos comunes a los soportes de hormigón, como son los geométricos, replanteo y orientación, así como la definición de materiales y coeficientes de seguridad, en estos elementos deben revisarse los siguientes:

- Definición de las uniones, cuidando la correspondencia entre el modelo calculado y el detalle construido.
- En los casos de soportes mixtos de hormigón y acero, comprobar la necesidad de conectores.

En la comprobación del cálculo se prestará especial atención a los fenómenos de inestabilidad (pandeo), así como a la traslacionalidad y el arriostramiento de la estructura.

18. Vigas metálicas

Al igual que en los soportes, se tendrán en cuenta los mismos aspectos paralelos a las vigas de hormigón (relativos a geometría, materiales y coeficientes de seguridad), siendo específicos de los elementos metálicos los siguientes:

- Las uniones deben encontrarse con los correspondientes detalles constructivos definidos, sin confiar esta labor únicamente a los planos de taller.

-En los casos de composición de vigas mixtas deben encontrarse definidos los conectores. En este tipo de vigas, por el escaso gálibo disponible normalmente, es relativamente frecuente el empleo de acero tipo A52b que, al no ser el más habitual, puede pasar desapercibido y dar lugar a errores de comprobación o ejecución.

-La comprobación de la deformación es muy importante, ya que suele ser el aspecto limitativo (más que las tensiones) en el dimensionamiento de las vigas metálicas.

La comprobación de los esfuerzos y la elección del perfil correcto debe hacerse, al igual que en el resto de los elementos, en aquéllos que resulten más representativos, así como en los que supongan una especial singularidad.

19. Cerchas metálicas

Las cerchas metálicas, aunque podrían tratarse como vigas a efectos de comprobación del proyecto, pues eso son, tienen los siguientes aspectos particulares que conviene destacar:

-Al ser su luz mayor deben tenerse en cuenta las acciones derivadas de las variaciones térmicas.

-Deben encontrarse definidos todos sus elementos (cordones inferior y superior, montantes y diagonales). En especial, debe estar representado el detalle correspondiente a los nudos, subrayando la coincidencia de los ejes de las barras en un punto (foto 10). Si no es así deben tenerse en cuenta los esfuerzos generados.

-El tipo de apoyo (fijo o móvil) debe ser coherente con el cálculo efectuado. En ocasiones se presentan proyectos con un cálculo y un detalle constructivo de apoyo que no corresponde, dando lugar a esfuerzos no previstos en los elementos estructurales sobre los que transmite la reacción.



Foto 10.- Intersección en un punto de los ejes de las diagonales y cordón inferior de una cercha.



Foto 11.- Cubierta compuesta por cerchas metálicas.

-El conjunto de cerchas que normalmente forman una cubierta deben encontrarse arriostrados en todos los planos posibles de movimiento (foto 11). Este punto es uno de los que presenta mayor número de falta de definiciones en los proyectos.

-El cordón superior, normalmente en los casos de vigas con mayor luz, puede presentar problemas de pandeo en el plano perpendicular al de la propia cercha. Es otro de los aspectos que suele presentar mayores irregularidades.

-Las barras (montantes o diagonales) que se encuentran trabajando a compresión deben ser comprobadas frente a fenómenos de inestabilidad (pandeo).

Debe prestarse especial atención a los movimientos relativos de distintos elementos estructurales y de éstos con otros que no lo son. Los elementos metálicos tienen, normalmente, movimientos mayores, lo que puede ocasionar esfuerzos no previstos sobre fábricas de ladrillo, muros-cortina u otros.

20. Estructuras de madera laminada encolada (MLE)

La MLE se emplea habitualmente en cubiertas con una luz superior a la convencional de forjados. Son frecuentes en polideportivos, piscinas cubiertas, centros comerciales o culturales.

Respecto al proyecto, presentan una peculiaridad sobre otras tipologías estructurales: en el mismo se encuentra recogida la solución general adoptada, pero rara vez se desarrolla la solución concreta con dimensionamiento y detalles de construcción. La información que aparece en el proyecto de arquitectura puede estar facilitada por una empresa especialista que no completa el mismo hasta que resulta adjudicataria de esa unidad de obra por parte del contratista principal o directamente de la propiedad. Esta singularidad debe llamar la atención para que se realice

dicho proyecto antes del comienzo de la ejecución del resto de la estructura (normalmente de hormigón), ya que, de otra forma, puede dar lugar a incoherencias en el comportamiento conjunto de elementos estructurales de ambos materiales.

Algunos de los aspectos específicos de este tipo de estructura que deben ser tenidos en cuenta en la revisión del proyecto son los siguientes:

-Características del material (tipo de madera, humedad relativa,...). En ocasiones se consideran unas en el cálculo, lo que da lugar a la aplicación de unos coeficientes, y durante la fabricación de los elementos estructurales se emplean otras.

-Arriostramiento, tanto de la estructura en servicio como durante el proceso constructivo. Debe tenerse en cuenta que esta tipología normalmente se emplea para cubrir amplios espacios. Por ello es fácil que exista alguna junta de dilatación del edificio que divida en dos partes la cubierta, lo que lleva a considerar, a estos efectos, dos estructuras independientes. En la foto 12 se observa el montaje de una estructura de cubierta de MLE, con el detalle del arriostramiento de los arcos principales.

-La junta de dilatación suele materializarse con una doble viga o con apoyos móviles de las correas. En algunos proyectos este aspecto pasa desapercibido, no estando prevista la ejecución de dicha junta.

-La protección frente al fuego de estos elementos estructurales es un aspecto importante del proyecto, si bien son menos susceptibles a sufrir daños de lo que suelen consi-

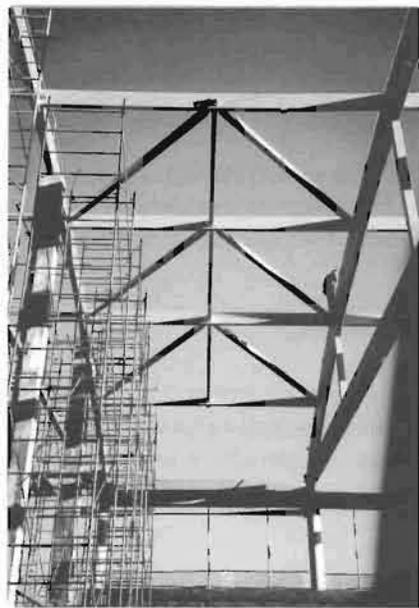


Foto 12.- Cubierta de MLE. Arriostramiento.



Foto 13.- Unión de dos vigas de madera laminada encolada (MLE).

derar los no especialistas. La misma se traduce, frecuentemente, en un sobredimensionamiento de las secciones.

-Los detalles constructivos, sobre todo de apoyo fijos y móviles de los extremos de las vigas principales, así como de las uniones de correas y elementos de arriostamiento con aquéllas, deben encontrarse correctamente definidos, así como el método de fijación (maclado o elementos metálicos de unión). En la foto 13 se aprecia el detalle de unión de dos vigas mediante elementos metálicos.

Al ser la madera un material con un comportamiento intrínseco diferente al hormigón, al acero o a la cerámica que constituye los muros de fábrica de ladrillo, deben tenerse en cuenta sus interacciones en el diseño conjunto del edificio.

21. Rehabilitación de un edificio

El proyecto de rehabilitación de un edificio, normalmente por cambio de uso, supone con frecuencia el refuerzo de parte de sus elementos estructurales e, incluso, del esquema global de la estructura del mismo. Llevando el planteamiento a su extremo estructural, una rehabilitación se puede traducir en la demolición de la construcción existente para, posteriormente, ejecutar una nueva.

Enfrentados a un proyecto de rehabilitación y refuerzo de una estructura, hemos de tener en cuenta algunas peculiaridades que le son específicas:

-El proyecto suele encontrarse incompleto. En ocasiones no pasa de ser una "declaración de intenciones", y esto no

siempre es justo cargarlo en el "debe" del proyectista. Éste puede no disponer del proyecto original sobre el que se construyó el primer edificio, o no haber tenido acceso a una investigación del mismo por encontrarse en servicio.

-Por tanto, lo primero que ha de hacerse al revisar el proyecto de rehabilitación de una estructura es hacer lo mismo con toda la documentación anterior disponible, que puede estarlo desde una época posterior a la redacción del citado proyecto.

-En numerosas ocasiones es cuando se comienza la obra cuando se tiene un acceso real y completo a los distintos elementos estructurales. Es el momento de realizar un estudio de los mismos, o bien de confirmar los desarrollados para la redacción del proyecto. Esta investigación es, fundamentalmente, de tipo visual (geometría, estado superficial aparente, ...), de ensayo de materiales y de confirmación de detalles de uniones y apoyos.

-Las exigencias geométricas en los edificios a rehabilitar suelen ser más estrictas que en los de nueva construcción, ya que se presentan una serie de condicionantes previos que se suman a los requeridos para las nuevas necesidades. Sin embargo, éstos nunca deben comprometer la seguridad del edificio.

-Si en el proyecto de una estructura nueva los detalles constructivos son importantes, en el de una a rehabilitar y reforzar son fundamentales. Si no se dispone de los mismos, es posible que en muchas ocasiones no se sepa interpretar bien lo que el proyectista quiere llevar a cabo en la obra.

-El proceso constructivo es otro aspecto fundamental. Toda obra de estas características requiere procedimientos no convencionales que deben estar perfectamente definidos antes del comienzo de la misma. En la foto 14 se aprecia un arriostamiento de la fachada que se ha de mantener en el edificio objeto de la obra, así como de la



Foto 14.- Arriostamiento de fachadas.

medianera del edificio colindante. Este último aspecto es frecuente en rehabilitaciones de edificios situados en cascos antiguos de nuestras ciudades.

Sobre el resto de los aspectos que comprende el desarrollo de una estructura son válidos todos los puntos comentados en apartados anteriores.

22. Conclusiones

Un documento como éste sobre criterios generales difícilmente puede tener unas conclusiones concretas. Sin embargo, sí puede resultar interesante subrayar algunos aspectos que resuman los criterios más significativos.

Es posible que muchos de los lectores conozcan las llamadas "Leyes de Spencer sobre datos", que manifiestan lo siguiente:

1. Cualquiera puede tomar una decisión si se le proporcionan datos suficientes.
2. Un buen gerente puede tomar una decisión sin datos suficientes.
3. Un gerente perfecto puede trabajar en la más perfecta ignorancia.

Aunque no estoy de acuerdo con dichas leyes, sin embargo, hemos de reconocer que algo parecido se produce con frecuencia en el mundo de la gestión y, por qué no reconocerlo, en el de la técnica. Muchos proyectistas deciden (o se ven obligados a decidir) sobre el tipo de cimentación de un edificio sin tener más que un conocimiento somero del terreno, sin ningún tipo de estudio geotécnico; se plantean (y lo que es peor, se proyectan) rehabilitaciones de edificios sin conocer los planos originales y, prácticamente, sin poder inspeccionarlo; se calculan estructuras sin conocer las acciones reales que van a actuar sobre ellas (cubiertas con instalaciones sin decidir, almacenes sin un uso concreto, cubierta de un escenario sin la tramoya definida, ...).

Todas las circunstancias enumeradas, y otras muchas que se pueden presentar, han de ser detectadas, planteadas y analizadas en la fase de revisión del proyecto y, en cualquier caso, resueltas antes del comienzo de la obra. El desconocimiento de los datos habitualmente llevará a no adoptar la solución más correcta y, por tanto, a una con mayor coste y, en algunas ocasiones, puede ser el primer paso para llegar hasta el colapso o, al menos, a la aparición de alguna patología en la estructura que se va a construir.

Cuando se plantea un proyecto, entendiendo éste en su sentido más global (necesidad, inversión, estudios previos, proyecto, aprobación administrativa, construcción y

uso y conservación), prácticamente nunca se estudian con detenimiento y realismo los plazos necesarios en cada una de las fases. Esto tiene como consecuencia, entre otras, que el desarrollo de un proyecto con todos los datos disponibles para hacerlo correctamente, dispone de un tiempo inferior (en ocasiones muy inferior) al necesario y, por supuesto, mínimo para la revisión y la ejecución de las modificaciones o complementos que ésta requiera de aquél. Todo trabajo ha de ser realizado con diligencia (en sus dos acepciones: cuidado y prontitud), pero ninguno debe ser desarrollado con precipitación. Ésta es una fuente continua de errores y ello ha de ser tenido en cuenta en las dos fases que nos ocupan: proyecto y revisión del mismo.

Un edificio comprende, básicamente y desde el punto de vista de proyecto, tres aspectos que han de ser correctamente coordinados: la arquitectura, la obra civil (cimentación y estructura) y las instalaciones. La descoordinación en su desarrollo es causa frecuente de defectos en el mismo y en la ejecución, y siempre de incremento de los costes. Si aquélla se ha producido, debe ser la revisión del citado proyecto el momento en que ha de detectarse para, posteriormente y siempre antes de la ejecución, corregirse.

La conclusión final no podía ser otra que la siguiente: si se pretende alcanzar un buen proyecto, origen de una buena construcción, ha de desarrollarse trabajando con los datos adecuados, en un plazo razonable y con una perfecta coordinación de los distintos elementos que lo componen.

Reconocimiento

El trabajo desarrollado en el Departamento de Cimientos y Estructuras de la Delegación Madrid-Edificación II de FCC Construcción, S.A., fuente principal del presente artículo tras numerosos proyectos revisados, coordinados y desarrollados, así como seguidos y apoyados en su ejecución de obra, no es un esfuerzo individual sino colectivo. Por tanto, es justo reconocer la labor desarrollada por sus miembros que, junto al autor, son los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Eva Segura González y José Manuel Tellado cubriendo las funciones técnicas y M^a José López la delineación.

También debe subrayarse la iniciativa del Director de la Delegación, Francisco Mérida, de la creación de este Departamento años antes de que se asumiera de forma general, por parte de las empresas y de las diversas instituciones y organismos oficiales, la conveniencia del establecimiento de Sistemas de Aseguramiento de la Calidad.

* * *