



ESTRUCTURAS PREFABRICADAS DE HORMIGÓN

Versión 4 – octubre 2021

Adaptada al nuevo Código Estructural

1. INTRODUCCIÓN	3
2. TIPOLOGÍAS DE ELEMENTOS	6
2.1. Vigas	6
2.2. Pilares	13
2.3. Pórticos	16
2.4. Correas	18
2.5. Cimentaciones	19
2.6. Escaleras	26
2.7. Graderíos	28
Construcción del centro logístico más grande de Europa	31
3. PRINCIPIOS BÁSICOS DE PROYECTO	33
3.1. Generalidades	33
3.2. Reglamentación aplicable	35
3.3. Consideraciones en el diseño estructural: ventajas y limitaciones	42
Nuevo complejo del grupo YBARRA Alimentación	44
4. PRINCIPIOS BÁSICOS DE EJECUCIÓN	45
4.1. Generalidades	45
4.2. Planificación del montaje	45
5. SOSTENIBILIDAD	48
5.1. Generalidades	48
5.2. Declaración ambiental de producto (DAP)	48
5.3. DAP de estructuras prefabricadas de hormigón	49
5.4. Otras consideraciones	51
Reforma del Frontón de Añorga	52
6. METODOLOGÍA BIM	53
6.1. Conceptos básicos	53
6.2. Estrategia BIM de las empresas de prefabricados	54
6.3. Plataformas de objetos BIM	55
6.4. Entrada del prefabricador al proyecto	58
6.5. BIM como elemento de diferenciación	59
Ganador del TEKLA BIM AWARDS 2018 en la categoría de proyectos comerciales	61
EMPRESAS ASOCIADAS	63
SOCIOS ADHERIDOS	63
REFERENCIAS	63

1. INTRODUCCIÓN

Por lo general no somos realmente conscientes de la abrumadora presencia de elementos prefabricados de hormigón en nuestro entorno e incluso aquellos que se encuentran de manera oculta en los edificios o bajo tierra. Basta con echar un vistazo a tu alrededor y podrás encontrarte con numerosas piezas prefabricadas, habiéndose convertido en un elemento familiar y cotidiano.

Actualmente la oferta de elementos prefabricados de hormigón es tan amplia y versátil que permite realizar, casi en su totalidad, cualquier edificio, infraestructura o espacio urbano sin caer necesariamente en una arquitectura rígida de catálogo.

Dentro de esta variedad de sistemas y aplicaciones, esta guía técnica pretende introducir al lector en toda la potencialidad que ofrecen las estructuras prefabricadas de hormigón destinadas a formar el “esqueleto” de cualquier edificio, sea del uso que fuere: residencial, comercial, logístico, deportivo, etc.

Seguramente las estructuras prefabricadas de hormigón ofrecen todas las ventajas que aporta industrializar la construcción: mayor rapidez de ejecución; mayor control en todas las etapas del proceso y, por tanto, reducción de errores, imprevistos o desviaciones en plazo; prácticamente nulos residuos; mayor seguridad en obra; mejores acabados superficiales; o una mayor durabilidad y, con ello, un menor mantenimiento de la estructura durante su vida útil. A esto habría que añadir todo el potencial que aporta el hormigón como material de construcción más universal: mayor resistencia al fuego; capacidad mecánica; etc.

	Construcción tradicional	Construcción industrializada
Definición	Más posibilidades de cambios a lo largo de todo el proceso. Mayor indefinición.	Etapas claramente definidas, empezando desde el proyecto.
Calidad	Elementos se manufacturan y/o ejecutan en la propia obra, mayor influencia del error humano (más rechazos).	Mayor control (cada pieza tiene su destino), menor influencia del error humano (se sustituyen los albañiles por montadores: la pieza tiene su lugar).
Coste	En origen, normalmente menor. Pero mayor riesgo de imprevistos y desviaciones económicas.	Precio cerrado en proyecto.
Tiempo	El mayor grado de indefinición y la mayor interacción entre los distintos agentes provoca desviaciones en tiempo y, por tanto, en costes.	Mayor grado de cumplimiento en la planificación de la obra, rápida apertura de tajos para otros gremios, menor dependencia a las condiciones climatológicas.
Limpieza	La obra es la fábrica al mismo tiempo. Muchos excedentes de materiales.	Menor generación de residuos.
Impacto	Mayor tiempo y mayor necesidad de espacio para el desarrollo de todas las tareas.	Menor impacto en las zonas aledañas (menores molestias causadas a las personas que habitan o transitan por ellas por ruido, cortes de tráfico, generación de polvo) y durante menor tiempo (ejecución más ágil).

Tabla.- Cuadro comparativo entre las principales características de la construcción convencional frente a la construcción industrializada

Las estructuras prefabricadas de hormigón se han terminado imponiendo en construcciones donde la fiabilidad y riguridad en términos de plazos de ejecución y control de costes es absolutamente imprescindible, como es el caso de los edificios industriales, logísticos, comerciales, deportivos, etc. en que la opción que ha terminado por imponerse es el hormigón prefabricado. Aquí sólo cabe esperar que la edificación residencial, seguramente menos propicia a evolucionar en cuanto al diseño de estructuras diferentes a las convencionales, sepa

aprovechar todas estas ventajas de la construcción industrializada y que están ampliamente probadas en estos otros tipos de edificios.

Las estructuras prefabricadas es una de las tipologías de elementos prefabricados de hormigón más amplia y de uso más extendido. Nos referimos a elementos principales que conformarán la estructura del edificio como vigas, jácenas, pilares, pórticos, cerchas, etc. u otros elementos con una función secundaria como las correas de cubierta o fachada. Por definición, se trata de elementos que tienen una dimensión (el largo) mayor que las otras dos.

Esta guía pretende describir las principales características de las estructuras prefabricadas de hormigón, dejando los forjados por tener una guía técnica propia. Repasaremos las principales tipologías de elementos y describiremos una serie de principios básicos que deben tenerse en cuenta para un correcto diseño de las estructuras prefabricadas de hormigón, así como enseñar cuáles son los procesos productivos de los elementos y cómo se ejecutan correctamente dichas estructuras.



2. TIPOLOGÍAS DE ELEMENTOS

2.1. Vigas

2.1.1. Descripción

Elementos colocados en posición horizontal que están sometidos principalmente a esfuerzos de flexión.

Las vigas prefabricadas forman parte de las estructuras para transmitir las cargas entre otras partes de la estructura, servir de apoyo para elementos de forjado, canalones, etc.

En general, la mayor parte de las vigas pueden ser armadas o pretensadas, dependiendo de las necesidades de cada obra.

Su fabricación se lleva a cabo en moldes, generalmente metálicos, que en muchos casos se tienen que ajustar por consideraciones de proyecto (dimensiones, armados, etc.)

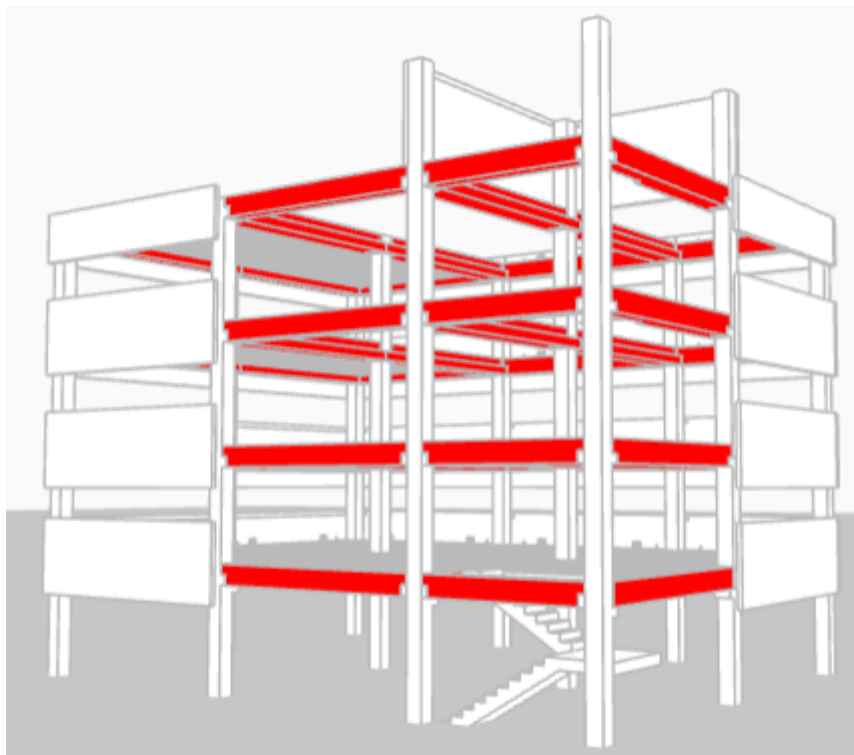


Figura.- Infografía extraída de la página web de una empresa asociada. La imagen muestra destacadas las vigas, complementándose con el resto de los elementos hasta definir prácticamente toda la estructura prefabricada de hormigón

2.1.2. Tipos

Podemos clasificar a las vigas dependiendo de su forma geométrica, o su aplicación principal:

- Dinteles: elementos dispuestos horizontalmente o con poca pendiente de atado entre otros elementos de la estructura o del cerramiento exterior, cuya función principal es la transmisión de esfuerzos;
- Jácenas: elementos lineales que trabajan principalmente en flexión y acostumbran a ir apoyadas sobre ménsulas o cabezas de pilares. Su principal función es la de apoyo de los elementos de forjado, como son las placas alveolares. Suelen llevar el estribo saliente para asegurar el esfuerzo rasante en caso de que se complete la sección resistente con hormigón vertido en obra posteriormente.

A continuación, vamos a repasar algunas de las secciones más habituales, aunque existen otras muchas configuraciones que buscan optimizar la relación eficacia resistente y/u otras funcionalidades con el coste de la solución estructural resultante. El fabricante suele contar con una gama determinada, aunque puede adaptar los elementos en cantos y longitudes dependiendo de los requisitos del proyecto:

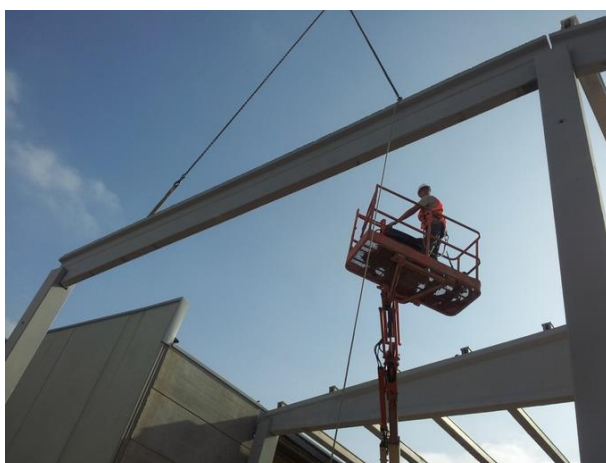
2.1.2.1. Sección constante



Vigas en I: También conocidas como doble T, se trata de elementos generalmente de hormigón pretensado, aunque también pueden estar armadas. Tienen sección constante, pudiendo incorporar macizados en sus apoyos en función de las solicitudes de proyecto. Longitud aproximada hasta 45 m. Uso principal como elemento de apoyo de vigas o correas de cubierta.



Vigas en DT: Variante de la sección anterior, con la diferencia de que en los extremos se ensancha siendo de sección rectangular. Usos principales como jácena de apoyo de elementos de forjado (placas alveolares), viga carril de puentes grúa, etc.



Vigas T: Vigas pretensadas o armadas con posibilidad de distintas secciones, aunque constantes a lo largo de su longitud, para utilización en pórticos hastiales (vigas piñón), entreplantas de forjado, cubiertas con placa alveolar, carrileras para puente grúa, etc.



Viga rectangular: Son jácenas tanto de hormigón armado como pretensado, de sección rectangular y canto constante, con anchuras desde 50 cm y canto variable hasta 110 cm. Su aplicación principal es la de servir de apoyo a forjados de placas alveolares.



o semirresistentes, para colaborar con la capa de compresión de los forjados.

Vigas en "L": Este tipo de vigas están diseñadas principalmente para el apoyo de placas alveolares en uno de sus lados o como viga de los pórticos hastiales. Pueden ser fabricadas con hormigón armado o pretensado, dependiendo de las especificaciones de proyecto, con anchos de 30 a 120 cm y cantos hasta 180 cm. En función del cálculo requerido pueden ser consideradas como autoportantes



altura de nervio entre 50 y 100 cm, y anchura de ala de 80 o 120 cm. Son las únicas grandes vigas producidas en continuidad sin molde. Representan una buena solución constructiva en la realización de grandes forjados, aunque también se utiliza en puentes de determinadas dimensiones.

Viga doble nervio: también conocidas como viga "twin" (del inglés, gemelas) o placa TT, son elementos de sección constante con doble nervio en T invertido. El doble nervio proporciona al forjado una elevada rigidez de torsión y una óptima distribución transversal de cargas. Dimensiones típicas comprenden



Viga "omega": su geometría consigue aportar la recogida de las aguas pluviales, así como conformar por si misma gran parte de la cubierta del edificio, con la que se alcanzan luces máximas de 25 m. Puede incorporar de fábrica la chapa de cubrición y el aislamiento, proporcionando así una solución completa

para la impermeabilización de la cubierta. Su flexibilidad permite además la colocación de placas solares fotovoltaicas, equipos de climatización, etc.



Viga en “y”: conocida también como “ypsilon” (i griega), es una viga de gran canto (entre 1 y 1,75 m aprox.) que se utiliza principalmente como elemento soporte de la cubierta, por su mayor estabilidad y la gran capacidad de evacuación de aguas pluviales, pudiendo

llevar el agua a los extremos de la nave donde están ubicadas las bajantes. Consigue llegar a luces de hasta 50 m, por lo que ha tenido un papel relevante en edificios industriales diáfanos.



Viga canal: Este tipo de vigas tienen como función principal la recogida de las aguas de la cubierta, sirviendo también como soporte a los cerramientos prefabricados y dotando a la estructura de una mayor rigidez (arriostramiento en el sentido longitudinal de la estructura). Adicionalmente, esta pieza requiere de una impermeabilización exterior para garantizar el perfecto sellado y

estanqueidad de las aguas pluviales. Se fabrican con un ancho habitual de 40 o 50 cm e integran tanto armadura activa como pasiva. Estos elementos se fabrican con los orificios necesarios para la colocación de las bajantes de evacuación de las aguas pluviales.

2.1.2.2. Sección variable



Vigas peraltadas: De sección I, son las también llamadas vigas delta, de canto creciente hacia la cumbrera y pendiente aprox. del 10%. Pueden ser armadas (hasta aprox. 20

m) o pretensadas en función de las luces a salvar y las cargas consideradas en proyecto, y pueden cubrir toda la luz o estar divididas en varios tramos. De uso óptimo para la ejecución de naves industriales con cubierta a dos aguas, ya que permite vanos diáfanos de hasta 50 m. Pueden incluso contar en sus almas con los orificios para el paso posterior de instalaciones, además de aligerar su peso total.

Otra alternativa es la sección en T, normalmente destinada a luces más pequeñas (hasta 15 m aprox.), también con sección creciente en el sentido de la pendiente y de hormigón armado.

2.1.3. Algunas consideraciones de diseño

Como se ha indicado, las vigas pueden estar simplemente armadas o contar también con armaduras pretensadas; esto dependerá de los vanos a cubrir, las condiciones de carga o incluso los métodos de producción habituales del propio fabricante. Como dato orientativo, la relación entre longitud y canto suele estar entre 10 y 20.

2.1.4. Algunas consideraciones de fabricación

Las vigas se prefabrican en moldes continuos, pudiendo ser moldes fijos (mayor rentabilidad al no tener que modificarlos) o realizados ad-hoc para una obra o proyecto determinados (moldes especiales). Salvo la cara libre, el resto de las caras se hormigonan contra el molde resultando una superficie lisa. Dicha cara libre puede fabricarse para dotarle de cierta rugosidad superficial que mejore la adherencia posterior con el elemento de apoyo.



Figura. - Molde para placa TT con la armadura ya colocada y preparada para el hormigonado

2.1.5. Algunas consideraciones de puesta en obra

En vigas de hormigón armado, y en las que trabajen como semirresistentes, previamente a su colocación es necesario disponer unos collarines en la cabeza de los pilares, convenientemente apuntalados. Habrá que poner especial atención en el apuntalamiento de estas vigas.



Estas consideraciones no serán necesarias en vigas pretensadas, puesto que están diseñadas para soportar su propio peso una vez queden apoyadas.

Si por necesidades de la obra se deben acopiar las vigas, habrá que asegurar que éstas descansan sobre dos apoyos situados como máximo a 0,5 m de los extremos de las vigas y que los apoyos de las sucesivas vigas que se coloquen encima estén en la misma vertical. Se recomienda no hacer pilas de más de tres vigas.

2.1.6. Ventajas

Si bien buena parte de las ventajas inherentes a la prefabricación pueden ser válidas para cualquiera de los muchos elementos que se destinan a la construcción (calidad, rapidez de

ejecución, durabilidad, resistencia al fuego, etc.) vamos a citar alguna de las cualidades específicas adicionales de este tipo de producto:

- Rentabilidad demostrada: reducción de mano de obra y medios auxiliares (puntales, encofrados, andamiajes, etc.)
- Acabado perfecto, listo para pintar si fuese necesario.
- Mayor limpieza de obra, ausencia de escombros.

2.2. Pilares

2.2.1. Descripción

También conocidas como columnas, se trata de un elemento de soporte vertical, sometido principalmente a compresión. Los pilares prefabricados forman parte de las estructuras para transmitir las cargas de otras partes de la estructura a la cimentación.

Generalmente tienen sección constante que oscila entre los 40 y 120 cm, de geometrías cuadrada, rectangular, doble T, circular o semicircular y fabricadas con hormigón armado.

Se pueden fabricar para una o más plantas, aunque en la medida de lo posible debe evitarse el fraccionamiento de los pilares, llegando a fabricarlos de longitudes de hasta unos 25 m, incluso más en algunos casos particulares. Esto tiene varias ventajas, por un lado, se disminuye el número de uniones a realizar en obra y se reduce el número de elementos a montar, lo que suele traducirse en la reducción del tiempo y coste del montaje aunque para ello sea necesario la utilización de grúas con mayor capacidad; y por otro lado, con esta solución suele facilitarse la organización del montaje, salvando situaciones que en otras condiciones podrían ser algo más complicadas de resolver.

Por el contrario, grandes longitudes y/o pesos excesivos exigirán el uso de transportes especiales y, en muchos casos, la sección del pilar y la armadura de refuerzo quedarán condicionadas por los esfuerzos que se producen durante las etapas de desmoldeo, transporte y montaje.

2.2.2. Tipos

Los pilares podemos clasificarlos según el tipo de unión que presenten para la conexión con vigas, paneles de cerramiento y/o cimentación, incluso para apoyo de las vigas carril de los puentes grúa:

- Uniones pilar – cimentación;
- Uniones pilar – pilar;
- Uniones viga – pilar.

La otra clasificación sería por el grado de rigidización de los nudos, teniendo desde un apoyo articulado hasta un empotramiento total.

Por consideraciones de proyecto, los pilares pueden ir provistos de cajeados en cada una de sus caras (para recibir paneles prefabricados de diferentes espesores) o en cabeza para recibir cualquier tipo de viga.



Una variante interesante de pilares es aquella en que en cada línea de forjado se deja una reserva exenta de hormigón, pero con toda la armadura a la vista, con objeto de rigidizar posteriormente el nudo con hormigón puesto en obra. Esta solución permite resolver de forma hiperestática la unión, así como lograr alturas mayores de pilares.



2.2.3. Algunas consideraciones de fabricación

Al igual que en el caso de las vigas, los pilares se fabrican en moldes continuos, generalmente metálicos, y en posición horizontal, pudiendo ser moldes fijos o realizados de forma específica para una obra. Igualmente, tres de las cuatro caras se hormigonan contra el molde resultando una superficie lisa. La cara libre requiere la misma planeidad, para tener un acabado homogéneo con las otras tres superficies.

2.2.4. Algunas consideraciones de puesta en obra

Son elementos que se colocan a una velocidad notable por lo que los rendimientos de ejecución son muy elevados. Como prescripciones, se debe prestar especial cuidado a la unión con la cimentación, el aplomado y evitar cualquier golpe indeseado durante la manipulación.

2.2.5. Ventajas

Podemos hacer uso de las mismas ventajas que citamos en el apartado de las vigas, ya que normalmente el prefabricador oferta la estructura completa:

- Genéricas: calidad, rapidez de ejecución, durabilidad, resistencia al fuego, etc.
- Específicas: reducción de mano de obra y medios auxiliares, acabados perfecto, limpieza de obra, etc.

2.3. Pórticos

2.3.1. Descripción

Estructura compuesta de dos o más elementos lineales (vigas y pilares) unidos para ser estables. Su uso más habitual ha sido en naves agrícolas y ganaderas, llegando a alcanzar hasta 30 m de luz. La limitación dimensional viene marcada principalmente por la dificultad para transportarlas.

2.3.2. Tipos

2.3.2.1. A dos aguas: Existen varios tipos de configuraciones. Pueden estar formados por tres piezas de hormigón armado (dos pilares laterales y una viga en cubierta) unidas entre sí en los puntos de momento flector nulo y empotradas en la cimentación.



Otra opción es que el pilar contenga también el arranque de la viga del pórtico, en cuyo caso la tercera pieza en ángulo (cubrera) que conectará a ambos lados con los pilares (unión atornillada).

También es posible que nos encontremos con naves adosadas transversalmente con lo que los pilares intermedios puedan ser comunes a las naves de ambos lados.

El sistema de pórtico en “L”, compuesto por dos piezas de hormigón armado en forma de “L” abierta que se unen en la cubrera.



Las tres uniones, tanto de las piezas entre sí como con la cimentación (apoyos), son normalmente articuladas. Las vigas superiores pueden ser de sección constante o variable (denominadas vigas peraltadas).

Los pórticos pueden dotarse tanto de ménsulas para el apoyo de vigas carrileras (puentes grúa) y/o entreplantas, como de aleros laterales.

Las dimensiones globales de este tipo de estructuras suelen tener luces entre 12 y 18 m y hasta 8 m de altura.

2.3.2.2. De pares y tirantes: Una variante del pórtico sencillo pero añadiendo un tirante horizontal que arriostra transversalmente los pilares enfrentados y dos o más montantes verticales. No es una solución muy estética, pero es económica y eficiente.

2.3.2.3. Cerchas: Pórtico formado por dos pilares y una estructura superior en celosía. La celosía puede ser totalmente de hormigón armado o contener un cordón inferior pretensado para contrarrestar la flecha. Este tipo de estructuras permite cubrir mayores luces. En caso de grandes piezas, puede hacerse necesario dividir las en dos mitades que se unirán en obra. No es una solución habitual en prefabricados, ya que obliga a recubrimientos excesivos en los nudos.

2.3.2.4. En arco: La estructura está compuesta por vigas de cubierta en arco, pudiendo llegar a luces del orden de 30 m. Normalmente se ejecutan como arcos triarticulados, fabricándose en dos mitades unidas en obra y con los pilares. Este tipo de pórtico requiere un proceso de ejecución muy cuidadoso especialmente en la unión, además de que la posición de los arcos durante el izado y el transporte suele ser delicada.

2.3.2.5. Diente de sierra: Se trata de una tipología de pórtico en desuso.

2.3.3. Ventajas

Al ser un elemento compuesto por vigas y pilares, podría añadirse la reducción de uniones.

2.4. Correas

2.4.1. Descripción

Las correas son elementos constructivos lineales cuya misión principal es soportar el peso del material de cubierta, debiendo fijarse sobre las vigas pórtico. Están sometidas principalmente a esfuerzos de flexión.

En función de las luces que se requieran en el proyecto se podrán utilizar correas de diferentes cantos.

Otra opción es resolver parcial o totalmente la cubierta con cúpulas o bóvedas prefabricadas, aunque no ha sido una solución muy empleada.

2.4.2. Tipos



Sección vigueta: Este tipo de correas tienen las mismas características que las viguetas utilizadas para los forjados. Pueden ser de hormigón armado o pretensado. En función de las cargas y las luces especificadas en el proyecto se utilizarán unas u otras.



Sección hueca o tubular: Las correas de sección hueca o tubular son parecidas a las placas alveolares, pero con un solo alveolo (o dos a lo sumo) y por tanto de ancho menor. Se utilizan para soportar el peso de cubiertas con luces de hasta 18 m aprox. También empleadas como vigueta, en sistemas de vigueta y bovedilla.

2.5. Cimentaciones

2.5.1. Descripción

Cualquier elemento para la cimentación es susceptible de prefabricarse, aunque principalmente por razones de transporte (peso y volumen), normalmente se ejecutan in situ. Su gran calidad,

además de la calidad por ser elementos resultados de procesos industriales, es la precisión dimensional de la que por lo general carece la construcción in situ.

Por encima de todos los elementos prefabricados de hormigón para cimentaciones destacan los pilotes y las zapatas en cáliz.

2.5.2. Tipos

2.5.2.1. Pilotes de cimentación

Se denomina pilote a un elemento constructivo utilizado para la cimentación de estructuras, colocado generalmente en posición vertical, que permite trasladar las cargas hasta un estrato resistente del suelo, cuando este se encuentra a una profundidad tal que hace inviable, técnica o económicamente, una cimentación más convencional mediante zapatas o losas. Por tanto, se trata de una solución idónea en casos de circulación de agua subterránea y para terrenos con problemas de agresividad, y permiten absorber esfuerzos horizontales inclinando pilotes o utilizando pilotes pretensados.

Admiten la posibilidad de realizar pilotes inclinados, especialmente adecuados para soportar esfuerzos horizontales.

Su longitud no está limitada gracias a la posibilidad de empalme mediante juntas metálicas, aunque ésta puede quedar condicionada por el medio de transporte (longitudes superiores a 12 m requerirán transportes especiales).

Pilotes de hormigón armado: se utilizan para trabajar a compresión. Habitualmente utilizado para la resolución de cimentaciones profundas en condiciones adecuadas de terreno.

Pilotes de hormigón pretensado: funcionan bien a tracción, y sirven para tablestacas y cuando deben quedar sumergidos bajo el agua. Se utilizan cuando los esfuerzos estructurales que deben resistir son mayores.

Pilotes con taladro interior longitudinal: Este tipo de pilotes está indicado para la ejecución de cimentaciones en terrenos con capas blandas en la profundidad. Consiste en colocar bajo la

punta del pilote un pilote prefabricado arlado o pretensado con taladro interior. Con esta innovación se pretende la introducción de un útil perforador que permita, por un lado, la prospección de algunos metros bajo la punta, y por otro lado, la inyección posterior con cemento o mortero de los huecos o blandones detectados, si procede.

Otra variante son los **micropilotes**, formados por un cilindro prefabricado de hormigón armado que se completa en obra con una o varias inyecciones de lechada de cemento. Generalmente son de diámetros de 210 mm o 260 mm y longitudes hasta 12 m para facilitar su manipulación y transporte, aunque se pueden construir hasta 24 m y llegar a longitudes mayores utilizando juntas machihembradas metálicas. Los tubos de inyección están empotrados en el cilindro prefabricado de hormigón y mediante válvulas se inyecta la lechada de cemento en el terreno.

Pilotes prefabricados: una solución óptima para cimentaciones profundas



En el siguiente artículo se presenta la técnica de pilotes prefabricados como solución a la ejecución de cimentaciones profundas, desde su fabricación hasta su puesta en obra, haciendo mención a las particularidades de su diseño y cálculo [\[+\]](#)

Algunas consideraciones de fabricación

En las factorías se disponen de pistas de fabricación con encofrados metálicos, fijos, sobre bancadas niveladas, bien alineadas y rígidas, proporcionando un pilote rectilíneo, de acabado exterior sin fisuras y con juntas y azuches perfectamente centrados. La propia fabricación del pilote elimina por completo el riesgo de cortes en el hormigonado, incidencia que se puede presentar en los pilotes in situ.



Los pilotes se equipan en su fabricación con una pieza metálica en la punta, para protección del hormigón durante la hinca, y de un zuncho de refuerzo, también metálico, en la cabeza de golpeo.

El pilote dispone de juntas que permiten empalmar en obra tramos de longitudes normalizadas, prácticamente sin limitación de la longitud final. Con el empleo de juntas se elimina uno de los inconvenientes tradicionales en la utilización de pilotes prefabricados, especialmente en terrenos irregulares o con estratos resistentes muy profundos. Cada una de las dos piezas de la junta, fabricadas en acero mecanizado, se hormigona conjuntamente con el tramo correspondiente del pilote, llevando los redondos de anclaje roscados, para conseguir el perfecto agarre y sujeción con el pilote, y se mantiene en posición con centradores adecuados, para garantizar la perfecta alineación con el mismo.

Algunas consideraciones de puesta en obra

Su instalación se hace por hinca en el terreno, mediante impactos de energía controlada, aprovechando así la compresión que su intrusión provoca en el terreno para ganar una adherencia adicional, así como una mayor garantía en la resistencia por punta. La hinca evita la extracción de tierras y mejora el terreno.



La longitud de cada tramo varía entre 5 y 14 m, aunque se pueden conseguir profundidades mayores utilizando juntas.

Desde el momento que los pilotes llegan a obra están dispuestos para su colocación. De esta forma la limpieza de obra es absoluta a diferencia de los pilotes hormigonados “in situ”, o incluso los micropilotes prefabricados (se generan residuos de tierras de la perforación con lechada).

La hincia se realiza mediante equipos específicos con torre montada sobre carro de orugas. Por la torre se desliza la maza de caída libre que proporciona la energía de hincia; el accionamiento de la maza puede ser mecánico (manual) o hidráulico (automático). La hincia se detiene cuando el pilote alcanza el “rechazo necesario”.

Pueden incorporar azuche para clavarse en la roca. No necesitan de recursos de la obra (agua o luz). Al generar ruidos y vibraciones, no se pueden utilizar en solares entre medianeras. Los equipos de hincia permiten altos rendimientos del orden de 150 a 350 m de pilotes por jornada de trabajo, lo que implica importantes disminuciones de los plazos de ejecución.

La entrega del pilote al encepado se consigue con el descabezado del mismo, que deja vista su armadura longitudinal. Existe maquinaria específica para ello.

Ventajas

- Resuelve la cimentación profunda de cualquier estructura de una forma rápida y limpia;

- El alto rendimiento de los equipos de hincas acorta enormemente los plazos de ejecución y la posibilidad de empalme de las piezas permite alcanzar los estratos resistentes a grandes profundidades.

2.5.2.2. Zapatas (o encepados)

Las zapatas son el elemento de cimentación principal sobre el que se empotran los pilares de la estructura del edificio. Su misión principal es transmitir a través de su superficie las cargas al terreno. No es un elemento prefabricado habitual, salvo en países de climas extremos (calor o frío) que imposibilitan o dificultan el vertido y curado del hormigón “in situ”.

Generalmente las medidas oscilan entre 1 y 3 m de base y entre 80 cm y un 2,50 m de altura, aunque variables según fabricante.



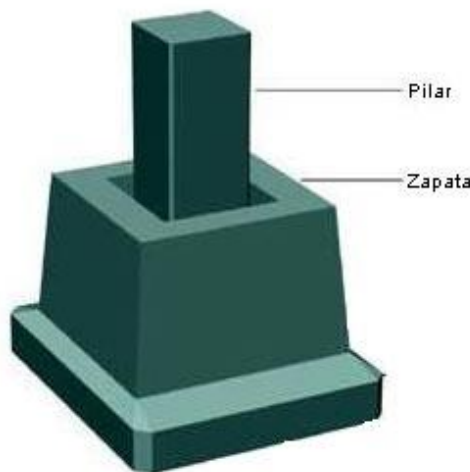
Pueden ser de hormigón en masa o armado con planta cuadrada o rectangular. Las zapatas pueden estar totalmente fabricadas en factoría, o semiprefabricadas, preparadas para terminar de hormigonar en obra.

También pueden ser aisladas (zapata sobre la que descansa o recae un solo pilar); centradas o descentradas (eje de la carga distinto del eje vertical de la zapata); y combinadas (apoyo de dos o más pilares).

Pueden estar arriostradas entre sí mediante vigas centradoras, o trabajar aisladas sin estos arriostramientos.

Podemos diferenciarlas por el tipo de encuentro con el pilar, distinguiéndose los tipos siguientes:

- En cáliz (unión rígida o empotramiento): sistema de unión en el que se deja un encaje en la zapata donde se colocará el pilar. Una vez aplomado y nivelado se lleva a cabo el relleno del cáliz mediante mortero tipo Grout.



El cáliz puede ser liso o grecado según las necesidades de cada proyecto.

- Anclaje roscado: consistente en la colocación de tornillos, vainas corrugadas o una mezcla de ambos, en la zapata antes del hormigonado y distribuidas de acuerdo a las plantillas suministradas por el fabricante, y que recibirán al pilar con las vainas o taladros que encajarán en dichas barras para conectarlo. El caso inverso, es el de barras salientes del pilar que encajen en las vainas de la zapata.

Algunas consideraciones de puesta en obra

Normalmente utilizadas en edificios normalizados con cargas de no mucha importancia a transferir al terreno o con terrenos de buena calidad. Necesita una base de hormigón bien nivelada para apoyar las zapatas.

2.5.2.3. Otros elementos prefabricados para cimentaciones

Aunque como ya hemos visto de uso poco corriente como elemento prefabricado, también podrían prefabricarse las vigas, pilotes de hincapié o las losas de cimentación, e incluso paneles de contención que simultáneamente actúen como elemento de cimentación. Puede destacarse el uso de cimentaciones prefabricadas para aerogeneradores, aunque su uso todavía hoy es escaso.

2.6. Escaleras

2.6.1. Descripción

Las escaleras prefabricadas de hormigón son piezas autoportantes que se fabrican para soportar las cargas a ellas encomendadas. Se preparan con la formación del peldaño para recibir directamente el material de solado por la cara superior y el material de acabado por la cara inferior, llevando incorporados los elementos de fijación de los accesorios de seguridad, tanto provisionales como definitivos (barandillas, guardacuerpos, etc.).

Representan una interesante solución estructural y arquitectónica por su nivel de acabado y coste, frente a las escaleras ejecutadas directamente que suelen hacerse con unos rendimientos muy bajos debido a la dificultad de ejecución.



2.6.2. Tipos

Se clasifican en dos configuraciones:

- Escaleras monolíticas que pueden incluir tramos de escaleras, rellanos, elementos portantes verticales, parapetos, etc. o una combinación de ellos;
- Escaleras construidas a partir de escalones separados, portantes o no, ensambladas en obra, con por ejemplo, zancas o un pilar central.

2.6.3. Algunas consideraciones de diseño

Normalmente se fabrican en moldes metálicos fijos, hasta 1,5 m de máxima amplitud y hasta 18 peldaños por cada tramo. El espesor de la escalera depende de las cargas a las que se vea sometida. El espesor de la escalera depende de las cargas a las que se vea sometida. Puede variar entre 8 y 25 cm, y luces hasta 8 m por tramo. Las dimensiones que pueden adoptar la huella y la tabica son, de 25 a 30 cm y de 15 a 20 cm, respectivamente.

Las escaleras prefabricadas son una solución de acceso para distintas alturas de forjado, pudiéndose fabricar modelos con distintos tamaños de tabica, ancho de huella y un número de escalones variable, además de una variedad de anchos que facilitan que las escaleras se adapten a la mayoría de los diseños planteados.

Su forma puede ser recta o de caracol.

2.6.4. Algunas consideraciones de puesta en obra

La instalación de las escaleras se remarca por su sencillez y facilidad de montaje sobre cualquier tipo de forjado en el que descansa.

Los apoyos en muro se realizan de una manera sencilla y totalmente estética. Pueden estar simplemente apoyadas (por ejemplo, en ménsulas, paredes o vigas) con conexiones atornilladas o ser conectadas con armaduras y hormigón in situ.

Sus superficies pueden quedar vistas o ser recubiertas por productos de acabado, sin necesidad de ajustes o nivelaciones. Además, le aporta un mayor espacio útil, favoreciendo el uso de los vanos de escaleras como espacios habitables (trasteros, WC, etc.).

Las escaleras pueden disponer de fábrica de los dispositivos que permitan alojar las barandillas de protección durante la ejecución de la obra.

2.6.5. Ventajas

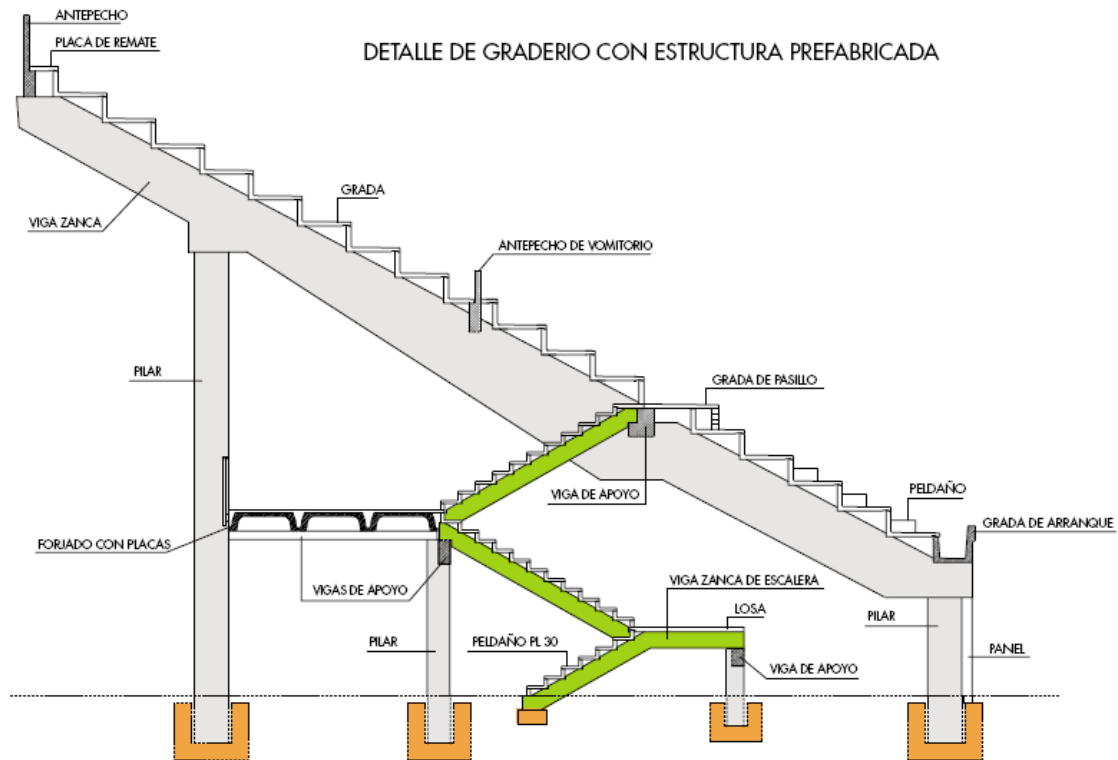
Todas las correspondientes a la prefabricación, destacando la rapidez de ejecución, la necesidad de menos medios materiales y humanos, la limpieza y la nula generación de residuos.

2.7. Graderíos

2.7.1. Descripción

Especialmente diseñado para soportar las cargas en recintos deportivos, también puede destinarse a otras clases de edificios que alojen graderíos (auditorios, aulas universitarias, plazas de toros, anfiteatros, cines, etc.)

La estructura puede estar conformada por pórtico portagradas (vigas zancas y pilares), gradas, peldaños, paneles para vomitorios y/o placas alveolares para forjados intermedios. Se puede prefabricar desde un elemento hasta prácticamente la estructura completa.



2.7.2. Tipos

2.7.2.1. Gradadas

Cada fabricante suele contar con medidas estandarizadas (cantos aprox. de 40 a 50 cm., longitudes aprox. 7 a 8 m), aunque al tratarse generalmente de suministros iguales y de lotes amplios, puede ajustarlo para cada proyecto en particular:



Podemos llegar a ver tramos de la grada parcialmente prefabricados, cubriendo varios escalones o niveles. Esta solución requiere una precisión casi perfecta, pero permite agilizar la ejecución notablemente.

2.7.2.2. Vigas zanca (o portagradas)

Consiste en el elemento cuyo eje coincide con la pendiente de la grada sobre el que apoyarán los graderíos. Generalmente de dimensiones variables para adecuarlas a los requerimientos de proyecto y con resaltos para un correcto apoyo horizontal de los extremos de la grada.

2.7.2.3. Pilares

Otro elemento susceptible de prefabricarse son los pilares sobre los que descansarán las vigas portagradas y que no difieren de los utilizados como elemento estructural, y ya citados anteriormente. Estos pilares podrán estar sometidos a compresión, pero también a tracciones en función del diseño del pórtico tipo del graderío y de su visera.

2.7.3. Algunas consideraciones de puesta en obra

Como casi cualquier estructura prefabricada, el punto crítico reside en las uniones.

2.7.4. Ventajas

Se trata de una solución constructiva en la que se ponen de manifiesto todas las cualidades a la construcción industrializada con elementos prefabricados de hormigón: rapidez de ejecución, seguridad, orden y limpieza, etc. Normalmente los estadios y otros recintos deportivos cuentan con plazos de ejecución muy exigentes, por lo que los sistemas prefabricados de hormigón son una solución idónea al combinar esta rapidez y la precisión dimensional necesaria.

OBRAS CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN**Construcción del centro logístico más grande de Europa**

En agosto de 2016, dos de nuestras empresas asociadas asumieron un ilusionante reto: construir para DRAGADOS la plataforma logística de la mayor compañía de *e-commerce* a nivel mundial en el Prat del Llobregat (Barcelona) en un tiempo récord de 6 meses: 2 meses de proyecto y 4 meses para la ejecución. Nunca antes se había planteado realizar una obra de semejante tamaño en España: un edificio de 180.000 m² de forjado en 3 plantas más cubierta, en tan corto periodo de tiempo. La primera de estas empresas se encargó del proyecto estructural y del montaje, mientras que la fabricación y transporte se repartió aproximadamente a la mitad entre ambas. Valga decir, al respecto, que la segunda empresa venía de terminar el año anterior la ampliación del centro logístico de esta misma compañía de *e-commerce* en San Fernando de Henares (60.000 m² aproximadamente).

Esta obra ocupa en planta una superficie rectangular de 369 m de largo y 174,4 m de ancho, ocupando una superficie aproximada de parcela en planta de 64.400 m².

El edificio principal consta de cuatro plantas, tres plantas de almacén y la planta de cubierta. Además, existen dos edificios adosados.

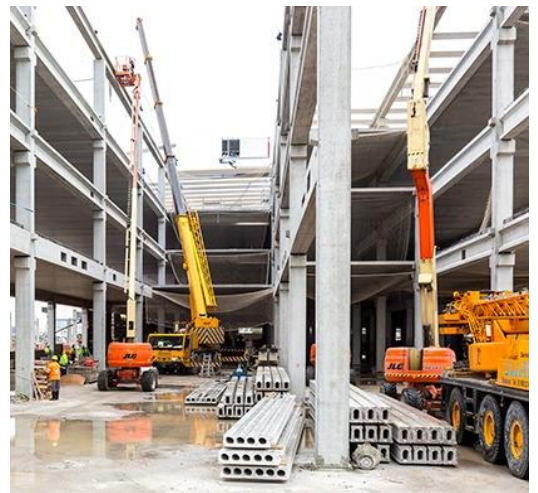
La estructura se modula básicamente a distancias de 7,38x14,76 m, con la excepción de los dos vanos extremos con modulación de 10,5x14,76 m. La escuadría de pilares es 60x60 y 50x50 cm, el canto total de forjado (vigas + losa) se limita en todos los casos a 1,20 m. Se dispusieron vigas pretensadas de canto 90 cm cubriendo la luz de 14,76 m y placas alveolares de 20 cm y capa de compresión de 10 cm para cubrir los vanos de 7,36 y 10,5 m.

Para la producción y suministro de los elementos prefabricados, se recurrió a siete plantas productivas (cuatro y tres, respectivamente de cada empresa). La tarea limitativa, en términos de plazo, generalmente siempre es la fabricación, pues la capacidad de producción está limitada a las instalaciones fabriles disponibles.

Fue necesaria la coexistencia de hasta 8 equipos para poder montar al ritmo que los plazos comprometidos exigían. Es de resaltar que se testaron y aplicaron con éxito nuevos procesos

de montaje que permitieron incrementar la velocidad de montaje y la productividad.

La primera semana de febrero se finalizó el montaje de la estructura en el plazo comprometido y con todas las exigencias técnicas requeridas a satisfacción del cliente. Todo ello fue posible porque se aunaron una buena estrategia y negociación comercial, un equipo técnico altamente cualificado que estuvo trabajando al 100% de su capacidad de manera muy eficiente y una gestión del montaje que batió récords.



3. PRINCIPIOS BÁSICOS DE PROYECTO

3.1. Generalidades

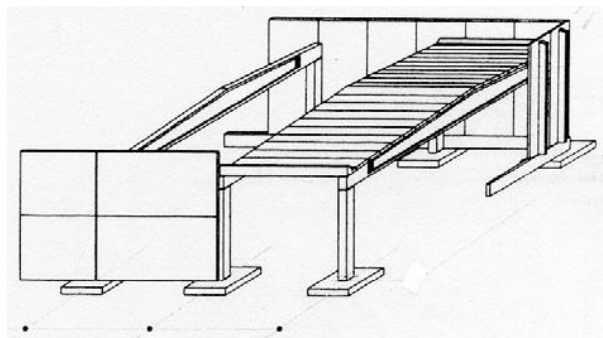
Por norma general, el técnico proyectista de estructuras suele diseñar con los mismos criterios ingenieriles una estructura de hormigón in situ, que una de hormigón prefabricado. De esta forma, resulta difícil poder comparar y apreciar las ventajas que ofrece el diseño de estructuras industrializadas. Por este motivo, resulta fundamental disponer de unas nociones básicas y sólidas para no confundir las consideraciones de diseño con las que se proyecta una estructura prefabricada frente a una in situ, ya que son significativamente diferentes.

El principio más básico seguramente resida en que cualquier estructura prefabricada que se diseñe, conlleve apoyarse en la experiencia y conocimiento de la empresa prefabricadora, ya que además todos los detalles de diseño (piezas, secciones, conexiones, etc.) se tengan que realizar conforme a éste al no haber por lo general soluciones estandarizadas.

En muchos casos, el prefabricador oferta la estructura completa, incluyendo los forjados, las escaleras, núcleos de ascensores e incluso los cerramientos exteriores, y no los elementos de forma individual.

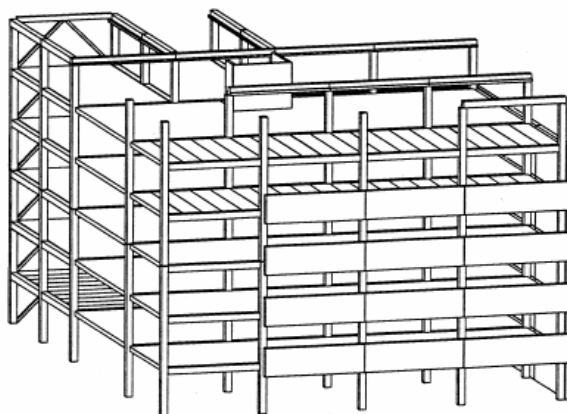
Podemos distinguir las siguientes tipologías edificatorias, de las cuales se derivan a su vez un número muy amplio de sistemas estructurales:

- Edificios de una sola planta (incluido cerramiento)



	Mínimo (m)	Óptimo (m)	Máximo (m)
Longitud viga cubierta	12	18-32	50
Longitud correas cubierta	4	8-12	16
Altura pilares	4	12	20

- Edificios de varias plantas (posibilidad de inclusión de forjados, cubiertas y/o cerramientos): más habitual en otros edificios (centros comerciales, oficinas, aparcamientos, etc.)



Todo método de diseño de estructuras de hormigón se incluye en un proceso general de proyecto, que suele comprender las siguientes etapas:

- Concepción de la estructura;
- Establecimiento de las acciones;
- Elección de los materiales;
- Introducción de los coeficientes de seguridad en acciones y materiales;
- Cálculo de las solicitaciones (efectos de las acciones);

- Dimensionamiento de secciones y piezas;
- Desarrollo de los detalles constructivos, con especial atención a la resolución de las uniones.

Al final del proceso de diseño, la estructura prefabricada normalmente está terminada y detallada por el fabricante, o en estrecha colaboración con él. Salvo que el proyectista tenga una experiencia demostrada en el campo del diseño y cálculo de estructuras prefabricadas de hormigón, no suele ser apropiado que éste realice o se haga responsable de todo el proceso, aunque debe ser siempre quien decida y otorgue su conformidad a las modificaciones que el fabricante haya propuesto, así como su integración en el diseño global del edificio en este caso.

Debe distinguirse también que en el proceso de diseño estructural nos podemos encontrar con dos enfoques: la estructura se prefabrica por completo (como suele ser el caso de las naves industriales) o sólo hay ciertos elementos constructivos en prefabricado.

Dentro de la amplísima diversidad de tipologías de elementos existente en el mercado, a pesar de las similitudes que pueda haber entre distintos fabricantes, suele acabar dependiendo de la gama precisa que cada fabricante posea.

3.2. Reglamentación aplicable

El técnico proyectista debe conocer el marco reglamentario de aplicación establecido en el lugar donde se vaya a llevar a cabo la obra.

3.2.1. A nivel de elementos

La práctica totalidad de elementos prefabricados de hormigón destinados a conformar las estructuras, están sujetos a disponer de marcado CE obligatorio. ANDECE ostenta la secretaría del comité nacional de prefabricados de hormigón UNE-CTN 127 y es a su vez representante del Comité Europeo de normalización CEN/TC 229, que son los foros donde se desarrollan la mayoría de las normas de productos que afectan a los elementos prefabricados de hormigón. Para conocer más sobre el marcado CE, ANDECE ha desarrollado una serie de

guías de aplicación donde se detallan los aspectos que debe tener en cuenta el fabricante, así como el resto de los agentes que gestionen elementos prefabricados de hormigón (proyecto, construcción, mantenimiento, etc.):

- UNE EN 12794:2006+A1:2008/AC:2009 Pilotes de cimentación
- UNE EN 13225:2013 Elementos lineales estructurales
- UNE-EN 13693:2005+A1:2010 Elementos especiales para cubiertas
- UNE-EN 14843:2008 Escaleras
- UNE-EN 14991:2008 Elementos de cimentación

Uno de los aspectos que aún hoy suscita más dudas es el relativo a la documentación reglamentaria que debe acompañar a los productos con marcado CE. Para sintetizar esta información, ANDECE ha desarrollado la siguiente ficha de control documental [\[+\]](#), de la que se extraen los principales documentos para que todos los agentes conozcan qué documentación debe proporcionar el suministrador de elementos prefabricados de hormigón:

ANTES DEL SUMINISTRO

Según el Art. 62.1. del Código Estructural, en caso de productos con marcado CE, podrá comprobarse su conformidad simplemente mediante la verificación documental del citado marcado CE y de los valores asociados, sin necesidad de realizar comprobaciones o ensayos adicionales en su recepción.

NORMA DE REFERENCIA (A) (B)	TÍTULO (B)	SISTEMA (C)
UNE EN 12794:2006+A1:2008/AC:2009	Pilotes de cimentación	2+
UNE EN 13225:2013	Elementos lineales estructurales	2+
UNE EN 13693:2005+A1:2010	Elementos especiales para cubiertas	2+
UNE EN 14843:2008	Escaleras	2+
UNE EN 14991:2008	Elementos de cimentación	2+

- ☐ Etiquetado marcado CE ^(E)
- ☐ Declaración/es de prestaciones conforme al Reglamento de Productos de Construcción ^(F)
- ☐ Copia del certificado CE de conformidad del control de producción en fábrica expedido por el Organismo Notificado que interviene en la certificación de los productos *(entrega opcional, no incluido en productos bajo sistema 4)*.
- ☐ Instrucciones de uso y seguridad ^(G)
- ☐ Información técnica de acompañamiento (catálogo de producto): *para detalles constructivos, durabilidad, datos geométricos y otros parámetros (entrega opcional), véase en cada norma.* Información a presentar dependiendo del método de declaración de las propiedades elegido por el fabricante:

- ☐ Método 1 (declaración de los datos geométricos y propiedades de los materiales, según Apdo. ZA.3.2. de la Norma correspondiente)
- ☐ Método 2 (declaración de las propiedades del producto conforme a los Eurocódigos, según Apdo. ZA.3.3. de la Norma correspondiente)
- ☐ Método 3 (declaración de la conformidad con una especificación de proyecto dada, según Apdo. ZA.3.4. de la Norma correspondiente) ^(H)

- ☐ Certificado del control de producción en fábrica que demuestre que el hormigón se fabrica de conformidad con los criterios establecidos en Código Estructural ^(I)

- (A) La relación de productos de construcción con marcado CE (normas europeas UNE-EN) se indica en las Resoluciones que periódicamente publica el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo [\[+\]](#). Véase la última resolución publicada en el momento de edición de esta ficha [\[+\]](#).
- (B) Se recomienda comprobar el alcance de las normas de productos prefabricados de hormigón en la web de la Asociación Española de Normalización UNE [\[+\]](#) ó en los enlaces disponibles de este documento.
- (C) Sistemas de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones (según el texto del Reglamento Delegado Nº 568/2014): 1 y 2+ requieren intervención periódica de Organismo notificado; 4 proceso de autocertificación del fabricante.
- (D) La entrada del marcado CE de las viguetas implicó la derogación definitiva de las Autorizaciones de Uso como exigencia reglamentaria. No obstante, el fabricante puede seguir proporcionando de forma voluntaria las fichas técnicas de los forjados donde se empleen elementos prefabricados (si el elemento dispone de un Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido por el Ministerio de Fomento (en adelante DCOR) ^(J), sí es obligatorio).
- (E) Debe llegar siempre al cliente. El fabricante debe elegir en al menos uno de los siguientes lugares, y por este orden de prioridad: a) En el producto; b) En una etiqueta adherida al mismo; c) En el embalaje; d) En una etiqueta adherida al embalaje ó e) En los documentos comerciales de acompañamiento.
- (F) La declaración de prestaciones podrá agrupar todos los productos incluidos por cada norma armonizada o referirse a productos más específicos. Este documento sustituyó a la Declaración CE de conformidad, con la entrada en vigor del Reglamento de Productos de Construcción nº 305/2011.
- (G) Al comercializar un producto, los fabricantes verificarán que el producto vaya acompañado de sus instrucciones y de la información de seguridad. El Ministerio de Industria valida los Manuales de ANDECE como Documentación de Uso y Seguridad según el RPC [\[+\]](#)
- (H) Dos casos: Diseño total del cliente: método 3a; ó Diseño del fabricante con una especificación de diseño dada por el fabricante de acuerdo a una orden del cliente: método 3b
- (I) Certificado voluntario para productos con marcado CE. Elaborado por un organismo de control o una entidad de certificación, que avala que el hormigón se fabrica de conformidad con los criterios establecidos en el Código Estructural (para permitir la aplicación de un coeficiente de ponderación de 1,50 para el hormigón, en vez de 1,70).
- (J) 1) Documentación correspondiente al marcado CE o, en su caso, certificados de los ensayos que garanticen el cumplimiento de las especificaciones referidas en este Código; 2) En su caso, declaraciones de estar en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido; 3) En su caso, certificado del ensayo de adherencia.

A nivel de sistemas constructivos

NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
UNE 127050:2021	Sistemas constructivos industrializados para edificios construidos a partir de elementos prefabricados de hormigón. Requisitos de comportamiento, fabricación, instalación y verificación.

Productos/sistemas con marca u otros distintivos de calidad

- ☐ Distintivo de calidad oficialmente reconocido (DCOR) conforme al Código Estructural *(entrega opcional)*

Con carácter voluntario, los productos prefabricados de hormigón pueden ostentar un DCOR que aporten valores añadidos en la garantía para el usuario (para permitir la aplicación de un coeficiente de ponderación de 1,35 en el hormigón y 1,10 en el acero, si se cumplen además otras condiciones según el Art. 2.4.2. del Anejo 19 del Código Estructural). En dicho caso, se entregará copia del certificado vigente del distintivo, firmado por persona física con capacidad suficiente del documento que lo acredite, donde al menos constará la siguiente información: identificación de la entidad certificadora; logotipo del distintivo de calidad; identificación del fabricante; alcance del certificado; número de certificado; fecha de expedición del certificado; periodo de vigencia del certificado.

- ☐ Distintivo de sostenibilidad oficialmente reconocidos (DSOR) conforme al Código Estructural *(entrega opcional)*

Se establece este nuevo distintivo para darle fiabilidad a los datos que servirán para verificar el cumplimiento de los indicadores y la determinación del ICES (Anejo 2 del Código Estructural), siendo necesario un proceso de certificación por parte de un organismo externo. Para ello, los agentes intervinientes (como puede ser el caso del prefabricador) deberá transmitir la información necesaria para la obtención del índice de contribución de cada producto o proceso a la sostenibilidad (ICPS)

- ☐ Marca de calidad conforme a un reglamento particular de certificación de un organismo externo *(entrega opcional)*
(K)

DURANTE EL SUMINISTRO

- ☐ Hoja de suministro

Cada remesa o partida de elementos prefabricados que lleguen a la obra, debe ir provista de su correspondiente hoja de suministro, que debe contener (al menos): identificación del suministrador; cuando esté vigente el marcado CE, número de la declaración de prestaciones (a partir de la fecha de entrada en vigor) o en su caso, indicación de autoconsumo; número de serie de la hoja de suministro; nombre de la instalación de prefabricación; identificación del peticionario; fecha y hora de entrega; designación de los elementos suministrados; cantidad de elementos suministrados; en su caso, estar en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, identificación del lugar de suministro.

AL FINAL DEL SUMINISTRO

- ☐ Certificado final de suministro

Elaborado por el suministrador de los elementos prefabricados y firmado por persona física, conforme a lo establecido en el Anejo 4.

3.2.2. A nivel de estructura

Cabe destacar aquí que, hasta hace poco tiempo, los códigos de estructuras apenas habían definido aspectos específicos para los elementos prefabricados de hormigón, quedando aislados y dispersos a lo largo de estos y otros documentos, algo que sin duda limita o ha

limitado una mayor prescripción de estas soluciones frente a las convencionales de hormigón in situ. Es el caso del nuevo Código Estructural y anteriormente la Instrucción EHE-08 que hasta la versión de 2008, los elementos prefabricados de hormigón no habían tenido un tratamiento particular.

- Coeficientes de seguridad de los materiales (Art. 15): los valores de cálculo de las propiedades del hormigón y del acero se obtienen a partir de los valores característicos divididos por un coeficiente parcial de seguridad. Se establecen tres parejas de coeficientes:

		Hormigón	Acero
Control del hormigón según la norma europea EN 206-1		1,70	1,15
Control del hormigón según el Código Estructural (↑ <i>exigente</i>)	Situación persistente	1,50	1,15
	Situación transitoria	1,30	1,00
Elementos certificados con un distintivo de calidad oficialmente reconocido + control de la ejecución intenso (↑↑ <i>exigente</i>)		1,40	1,10
		(in situ)	
		1,35 (Prefabricados)	

- La resistencia de proyecto no será inferior a 25 MPa tanto en hormigones armados como en pretensados. Asimismo, la formulación empleada en el Código Estructural cubre a elementos de hormigón de hasta 100 MPa, lo que no impide que se puedan emplear hormigones de mayor resistencia, pero siempre bajo la responsabilidad del proyectista;
- Durabilidad (Art. 43): adopción de un espesor de recubrimiento adecuado para la protección de las armaduras, según la fórmula $r_{nom} = r_{min} + \Delta r$, donde r_{min} se determina a partir de la clase de ambiente y el tipo de hormigón y Δr es el margen de recubrimiento, cuyo valor es nulo en el caso de elementos prefabricados con control intenso (todos los elementos prefabricados de hormigón estructurales con marcado CE, es decir, prácticamente todos), y 5 mm en el caso de ejecución in situ;
- Cálculo: Dado el carácter evolutivo de su construcción, deben considerarse, tanto en el análisis de esfuerzos como en las comprobaciones de Estados Límite: (1) las

situaciones transitorias, (2) los apoyos provisionales y definitivos y (3) las conexiones entre distintas piezas. En el análisis deberá considerarse:

- La evolución de la geometría, las condiciones de apoyo de cada pieza y las propiedades de los materiales en cada etapa y la interacción de cada pieza con otros elementos;
- La influencia en el sistema estructural del comportamiento entre conexiones de los elementos, y en especial su resistencia y deformación;
- Las incertidumbres en las condiciones de transmisión de esfuerzos entre elementos debidas a las imperfecciones geométricas en las piezas, en su posicionamiento y en sus apoyos.

También se abordan la conexión y apoyo de elementos prefabricados, en aspectos como los materiales, el diseño de conexiones (conexiones a compresión, a cortante, a flexión y a tracción, juntas a media madera), anclaje de las armaduras en los apoyos, u otras consideraciones para el apoyo de piezas prefabricadas.

- Uniones (Art. 54): las uniones entre las distintas piezas prefabricadas que constituyen una estructura, o entre dichas piezas y los otros elementos estructurales contruidos in situ, deberán asegurar la correcta transmisión de los esfuerzos entre cada pieza y las adyacentes a ella;
- Exigencia del marcado CE obligatorio (Art. 63) para aquellos productos que deban ostentarlo en territorio europeo, algo que ya aplica a prácticamente cualquier elemento prefabricado de hormigón estructural, según vemos a continuación.

3.2.3. A nivel de sistemas constructivos industrializados

Actualmente atendemos a una progresiva industrialización de la construcción, especialmente en el área edificatoria, que está transformando la forma de concebir y gestionar los proyectos y la ejecución de las obras.

Sin embargo, todo este cambio de paradigma que ya estaba plenamente asentado en otras tipologías edificatorias como el industrial, logístico, comercial o recintos deportivos, y que comienza a introducirse en otros edificios (residencial, hotelero, etc.) requería de un marco regulatorio que definiera la metodología para llevar a cabo cualquier proyecto que incorpore sistemas constructivos industrializados mediante elementos prefabricados de hormigón, estableciendo las bases necesarias para optimizar todas las fases del proceso constructivo y la asignación de responsabilidades entre los distintos agentes intervinientes.

La nueva norma UNE 127050 publicada por la Asociación Española de Normalización constituye un hito al crear un esquema que cubra estos sistemas industrializados, siendo además pionero en tanto es el primer material (hormigón) y modo de empleo (prefabricación) que dispone de una norma de referencia.

Estos sistemas industrializados se conforman siguiendo una configuración espacial que determina la posición y geometría de los elementos prefabricados de hormigón y sus mecanismos de ensamblaje, pudiendo incorporar otros elementos de materiales distintos, para dotar al conjunto de las características necesarias para cumplir con los requisitos reglamentarios y funcionales que les sean de aplicación en cada caso.



3.3. Consideraciones en el diseño estructural: ventajas y limitaciones

En el caso de un edificio, buena parte de los elementos constructivos son susceptibles de incorporar elementos prefabricados. Quizás los edificios de planta ortogonal son ideales de cara a la prefabricación, ya que presentan un alto grado de regularidad y repetición de sus retículas estructurales, luces, dimensiones, etc. Gran parte del coste global de cualquier edificio reside en la estandarización y repetitividad de los elementos que lo constituyen

- En el caso de plantas más irregulares, la prefabricación es igualmente aceptable, pero exige hacer un análisis de mayor detalle buscando la solución idónea que responda mejor a los requisitos económicos, de diseño, etc.;
- Para los mismos cantos de forjado, se alcanzan mayores distancias en ambos ejes. Existe una alta relación luz/canto que permite que estas estructuras sean más esbeltas que otras;

Cuando además de la estructura principal los forjados se realizan con elementos prefabricados, en especial cuando se trata de placas alveolares, se amplían incluso las luces ya que la mayoría de los elementos prefabricados para forjados son pretensados.

- No es frecuente que los elementos prefabricados tengan problemas estructurales dado que su ejecución en fábrica permite eliminar las incertidumbres habituales de la ejecución in situ (errores dimensionales, bajadas de resistencia, etc.);
- El orden geométrico en el diseño facilita el control de la estructura, el trabajo de los operarios, la eficiencia y mayor seguridad en la ejecución, la mejora en la resolución de los detalles constructivos, etc. todo resultando en un probable acortamiento de los plazos constructivos, especialmente si las modulaciones son repetitivas. Todas estas ventajas, aunque se pueden lograr en cualquier tipología estructural, las proporciona de manera natural la estructura prefabricada por su concepción a base de elementos simples que se ensamblan en obra para conseguir conjuntos o “mecanos” más complejos.

No obstante, como cualquier otro material o técnica de construcción, el prefabricado de hormigón como solución estructural tiene ciertas limitaciones de uso que el proyectista debe conocer para tomar una decisión acertada, como por ejemplo:

- Peso y tamaño de los elementos, que puede requerir de potentes medios de elevación, así como ciertas limitaciones normativas y logísticas asociadas al transporte. No obstante, a diferencia de las estructuras para puentes, las grúas que se encuentran ya presentes en las obras de edificación suelen tener capacidad suficiente para el manejo de los pesos y dimensiones habituales de los elementos prefabricados;
- Necesidad de obtener el monolitismo y la continuidad estructural en la propia obra, mediante conexiones, apoyos, macizados de hormigón in situ, etc.;
- Programas comerciales de cálculo estructural con escasa introducción de soluciones prefabricadas, algo que no obstante, comienza poco a poco a subsanarse con la creciente integración de la [metodología BIM](#).



Transporte de viga peraltada de 40 metros

OBRAS CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN**Nuevo complejo del grupo YBARRA Alimentación**

En julio de 2016 se produjo un incendio en las instalaciones del Grupo Ybarra Alimentación en Dos Hermanas (Sevilla). Desde ese momento la reconstrucción era el objetivo y tras contratar a la especialista en ingeniería agroalimentaria “Grupotec” comenzó la redacción del proyecto en la que diversas empresas hemos colaborado. Finalmente Grupo Ybarra Alimentación decidió que una de nuestras empresas asociadas les acompañara en la reconstrucción de su nueva factoría. Aproximadamente 35.000 m² sobre una parcela de 100.000 m². Toda la factoría está solucionada con vigas deltas de 32 m y altura libre 10 m en la zona de producción y con vigas delta de 37 m y altura libre 15 m en la zona de expedición, en medianeras se ha solucionado el metro de cortafuegos en horizontal con nuestra artesa cortafuegos y se ha arriostrado los pórticos con artesas canalón y vigas portacanalón. La correa es tubular de canto 30 y 40 cm para luces de 12 m. Los forjados con jácenas talón L y T. Panel horizontal de 20 cm y vertical de 24 cm por llegar hasta 13 metros. Hay otra fachada con panel vertical de 18 m, partido en dos y colgado de jácena de 37 m. Algo interesante es el empotramiento de pilar que se ha adoptado, mixto peikko-vainas para reducir el canto de la zapata que es 1,40 m con pilares de 18 m de altura y 70x70 de sección y donde los peikko colaboran en el empotramiento.



4. PRINCIPIOS BÁSICOS DE EJECUCIÓN

4.1. Generalidades

Una de las grandes características de la construcción industrializada con elementos prefabricados de hormigón es la rapidez de ejecución. Además, generalmente se lleva a cabo en condiciones de trabajo mucho más seguras para los operarios, al reducir significativamente la “densidad” de maquinaria, materiales y personas en la obra, reduciendo el tiempo de exposición a los riesgos por la mayor velocidad de ejecución que se acaba de mencionar.

Otras ventajas son el solapo de etapas de construcción (poder fabricar al mismo tiempo que se está montando), la menor afección por las condiciones climáticas de cada momento, requiere menor grado de especialización de los montadores (los elementos son piezas de un puzzle que tienen su posición determinada), se puede lograr una mayor distancia entre las juntas de dilatación, etc.

La tecnología ha avanzado notablemente, pero se sigue construyendo de forma similar a hace 50 años. En las obras, los albañiles deberían ir siendo sustituidos por montadores o instaladores.

4.2. Planificación del montaje

El orden y secuencia del montaje depende de aspectos como el plazo de ejecución, volumen de la obra, condiciones climatológicas, la interacción con otras unidades constructivas, etc. En el caso de un edificio, el grado de prefabricación es variable. En el caso más extremo, en el que se emplean elementos prefabricados en todas las unidades prefabricables, la secuencia lógica podría ser la siguiente:

- 1) Cimentación;
- 2) Estructura: elementos verticales, horizontales y forjado.
- 3) Cerramientos: fachada y cubierta;
- 4) Elementos prefabricados complementarios: zancas de escaleras, entreplantas, aleros, etc.

El montaje debe hacerse, siempre que sea posible, por niveles o pisos, tratando de evitar al máximo los movimientos de las grúas.

Existen además una serie de consideraciones generales a tener en cuenta en la construcción del edificio:

- El hormigón de los cimientos, si se vierte in situ, debe haber obtenido la resistencia prevista;
- Revisión de todas las instalaciones subterráneas de la obra;
- Preparación de todas las áreas necesarias para facilidades de montaje (accesos, vías de grúas, áreas de almacenamiento, etc.);
- Garantizar un suministro de los elementos, continuo y completo para evitar paralizaciones del proceso de montaje por falta de elementos prefabricados;
- Verificar las características y adecuación de los medios auxiliares de montaje (dimensiones, calidad, estado técnico, etc.) y equipos complementarios de forma que garanticen la máxima seguridad del montaje;
- Debe facilitarse la visibilidad directa de los operadores sobre el área de almacenamiento (toma) y el área de ubicación (colocación) de los elementos. Cuando la visibilidad directa no sea posible, es necesario que la señalización sea simple, es decir, directa entre el operador de la grúa y el montador sea directa. El “diálogo” de señales debe ser preciso y claro, y de perfecto dominio del código establecido por todos los participantes del proceso de montaje;
- El almacenamiento de los elementos prefabricados debe estar rigurosamente estudiado para evitar las dobles manipulaciones y las “correcciones” durante el proceso. Es recomendable que se almacenen los elementos en el interior de las edificaciones de una planta, siempre que sea posible, y en el exterior de la edificación en el caso de edificaciones de varias plantas. En cualquier caso, evitando interferir las diferentes fases del proceso de montaje.

En cualquier caso, la ejecución de los elementos prefabricados deberá ser conforme con lo establecido en el proyecto estructural y, en particular, con lo indicado en los planos y detalles de los esquemas de montaje, con la secuencia de operaciones del programa de ejecución, así como con las instrucciones de montaje que suministre el prefabricador.

El Artículo 54 del Código Estructural presenta los requisitos mínimos de la ejecución de las estructuras prefabricadas de hormigón.

En el caso de que el propio prefabricador asuma también la ejecución de la estructura y, por tanto, actúe como constructor de dicha partida de la obra, deberá desarrollar el programa de autocontrol, en cuyo caso podría seguirse el Anexo E (normativo) de la norma UNE 127050 "Especificaciones para la realización del autocontrol de la instalación a nivel intenso" que presenta una serie de directrices para el aseguramiento de la calidad de todas las tareas necesarias para la ejecución de la estructura prefabricada, como por ejemplo, el replanteo de la cimentación, el montaje de los propios elementos comenzando por la nivelación y aplomado de los pilares, las uniones de los elementos prefabricados, los posibles arriostramientos para la estabilidad global de la estructura, comprobaciones de los apoyos, etc.



5. SOSTENIBILIDAD

5.1. Generalidades

A medida que ha ido incrementándose la conciencia ambiental en la sociedad, las empresas se han dado cuenta de la enorme importancia de evaluar cómo afectan sus actividades al medio ambiente. Ante esta creciente demanda, las empresas deben responder ofreciendo productos más ecológicos, empleando procesos de producción “más limpios”. Una de las herramientas que se pueden aplicar para mejorar los productos y los procesos es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), siendo el soporte de las declaraciones ambientales de producto (DAP).

5.2. Declaración ambiental de producto (DAP)

Una DAP plasma, en un documento verificado por una tercera parte independiente, los resultados de esa evaluación ambiental objetiva. El contenido de esa DAP y los detalles de lo que hay que considerar en el estudio de ACV correspondiente vendrá definido bien en una norma, en este caso en la [UNE-EN 16757:2018](#) “Sostenibilidad de las obras de construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de Categoría de Producto para hormigón y elementos de hormigón”, que a su vez se referencia en la norma europea UNE-EN 15804, que establece unas reglas de categoría de producto (RCP) comunes para el sector de la construcción. De esta forma, la DAP proporcionará un perfil ambiental basado en datos cuantificados y verificables, empleando una serie de categorías de impacto normalizadas.

En la construcción, una declaración ambiental de producto es una importante herramienta para valorar las características de sostenibilidad de los diferentes materiales de construcción que van a utilizar en sus proyectos. Poco a poco comienza a ser una información demandada por promotores (como factor de diferenciación), administraciones (para implementar los compromisos en materia ambiental), usuarios (creciente sensibilización hacia el medio ambiente) u otros agentes. Especialmente están dirigidas a obras que se certifiquen conforme a sistemas de certificación de la sostenibilidad, siendo los más implantados las herramientas LEED y BREEAM, y estos estar orientados a edificios de titularidad privada. También comienza a observarse una mayor sensibilización en la obra pública, pudiendo el componente medioambiental y/o social ser un criterio a puntuar en la contratación, como es el caso del Código Estructural en su Anejo 2, que incluye la tenencia de una DAP como un factor a valorar.

Además, da respuesta a una de las novedades que introdujo el Reglamento Europeo de Productos de Construcción con el nuevo requisito “Uso sostenible de los recursos naturales”.

5.3. DAP de estructuras prefabricadas de hormigón

Las DAP sectoriales resultan útiles cuando diferentes empresas fabricantes del mismo tipo de producto se agrupan para recopilar en conjunto los datos del inventario de ciclo de vida del producto y mostrar la información “media” de los resultados como representativos.

Por esta razón, ANDECE ha realizado seis DAP sectoriales entre sus empresas asociadas, una de las cuales relativa a las estructuras prefabricadas de hormigón que agrupan todos los productos descritos en el [capítulo 2 de esta guía](#), además de las estructuras de puentes (que se describirán en otra guía técnica).

5.3.1. Declaración de los parámetros ambientales derivados del ACV

CATEGORIA DE IMPACTO	PARAMETRO	UNIDAD	ETAPA DEL CICLO DE VIDA			
			ETAPA DE PRODUCTO			
			A1	A2	A3	A1-A3
Calentamiento global (kg CO2 eq)	Potencial de calentamiento global	kg CO2 eq	1,54E+02	1,02E+01	2,57E+00	1,67E+02
Agotamiento de la capa de ozono (kg CFC 11 eq)	Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico	kg CFC 11 eq	1,45E-05	1,92E-06	8,94E-07	1,73E-05
Acidificación del suelo y el agua (kg SO2 eq)	Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua	kg SO2 eq	4,40E-01	3,57E-02	1,78E-02	4,94E-01
Eutrofización (kg PO4 eq)	Potencial de eutrofización	kg (PO4)eq	1,09E-01	6,72E-03	1,30E-03	1,17E-01
Formación de ozono fotoquímico (kg Etileno eq)	Potencial de formación de ozono troposférico	kg Etileno eq	3,87E-02	1,31E-03	4,10E-04	4,05E-02
Agotamiento de recursos abióticos - elementos (kg Sb eq)	Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles	kg Sb eq	-1,04E-03	3,82E-08	4,96E-07	-1,03E-03
Agotamiento de recursos abióticos – comb. fósiles (MJ)	Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles	Mj valor calorífico neto	1,34E+03	5,01E+07	7,10E+01	5,01E+07

Leyenda: A1. Suministro de materias primas. A2. Transporte. A3. Fabricación

5.3.2. Uso de recursos

PARAMETRO	UNIDAD	ETAPA DEL CICLO DE VIDA			
		ETAPA DE PRODUCTO			
		A1	A2	A3	A1-A3
Uso de energía primaria renovable, excluyendo los recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima (MJ)	Mj valor calorífico neto	3,38E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,38E+01
Uso de energía primaria renovable utilizada como materia prima (MJ)	Mj valor calorífico neto	6,34E+01	0,00E+00	0,00E+00	6,34E+01
Uso total de la energía primaria renovable (energía primaria y recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima)	Mj valor calorífico neto	9,72E+01	0,00E+00	0,00E+00	9,72E+01
Uso de energía primaria no renovable, excluyendo los recursos de energía primaria no renovable utilizada como materia prima (MJ)	Mj valor calorífico neto	8,97E+02	0,00E+00	0,00E+00	8,97E+02
Uso de la energía primaria no renovable utilizada como materia prima (MJ)	Mj valor calorífico neto	5,15E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,15E+02
Uso total de la energía primaria no renovable (energía primaria y recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima)	Mj valor calorífico neto	1,41E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,41E+03
Uso de combustibles secundarios renovables (MJ)	Mj valor calorífico neto	2,34E+01	2,36E-02	1,01E+01	3,36E+01
Uso de combustibles secundarios no renovables (MJ)	Mj valor calorífico neto	4,36E+01	4,45E-01	7,17E+01	1,16E+02
Uso de materiales secundarios (kg)	KG	6,65E+01	1,46E+02	8,14E-02	2,12E+02
Uso neto de recursos de agua dulce (m3)	M3	2,70E+01	8,49E-03	1,62E-02	2,70E+01

Leyenda: A1. Suministro de materias primas. A2. Transporte. A3. Fabricación

5.3.3. Categorías de residuos y flujos de salida

PARAMETRO	UNIDAD	ETAPA DEL CICLO DE VIDA			
		ETAPA DE PRODUCTO			
		A1	A2	A3	A1-A3
Residuos peligrosos eliminados (kg)	kg	5,49E-01	0,00E+00	0,00E+00	5,49E-01
Residuos no peligrosos eliminados (kg)	kg	4,77E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,77E-01
Residuos radiactivos eliminados (kg)	kg	1,57E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,57E-06

Leyenda: A1. Suministro de materias primas. A2. Transporte. A3. Fabricación

PARAMETRO	UNIDAD	ETAPA DEL CICLO DE VIDA			
		ETAPA DE PRODUCTO			
		A1	A2	A3	A1-A3
Componentes para su reutilización (kg)	kg	9,25E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,25E+00
Materiales para el reciclaje (kg)	kg	3,03E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,03E-02
Materiales para valorización energética (recuperación de energía) (kg)	kg	3,72E-01	0,00E+00	0,00E+00	3,72E-01
Energía exportada (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Leyenda: A1. Suministro de materias primas. A2. Transporte. A3. Fabricación

5.4. Otras consideraciones

El hecho de que un producto disponga de una DAP no implica necesariamente que sea medioambientalmente mejor que otro que no lo tenga, pero sí la información que se obtenga como elemento imprescindible para mejorar el comportamiento ambiental (por ejemplo, identificar puntos de mejora para reducir el consumo eléctrico o de agua asociado, sin menoscabo de sus prestaciones).

Esta DAP considera el alcance “de la cuna a la puerta” incluyendo todas las etapas del ciclo de vida del producto hasta la puerta de la fábrica como producto terminado.

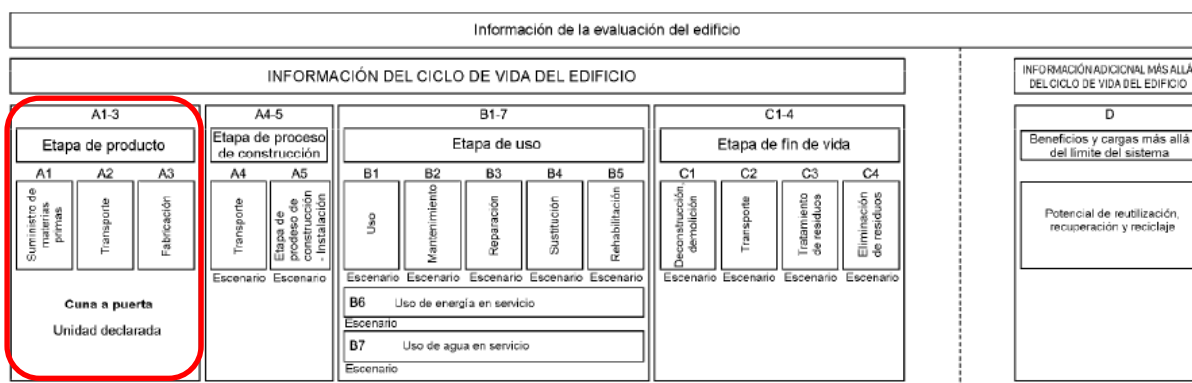


Figura. - Etapas y módulos de información para la evaluación de edificios. Ciclo de vida del edificio

El periodo de “cuna a puerta” sólo cubre la parte inicial del proceso, siendo el más habitual de los productos de construcción ya que en la mayoría de los casos son componentes que quedan integrados dentro de sistemas constructivos dentro del edificio o de la infraestructura, que es sobre la que es más razonable analizar todo el ciclo de vida. En el caso de los elementos prefabricados de hormigón, no se cuantifican así algunas de las características diferenciadoras como la mayor durabilidad, la inercia térmica o su potencial de reciclabilidad/reutilización al final de su vida útil, que se analizarían en el caso de abordar el ciclo de vida completo. Por tanto, cabe pensar que en próximos estudios sea recomendable hacer un análisis de ciclo de vida

completo para poner en valor dichas ventajas atendiendo a su comportamiento medioambiental.

OBRAS CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

Reforma del Frontón de Añorga

A continuación presentamos varias fotografías de la obra que ha ejecutado una de nuestras empresas asociadas para la reforma del Frontón de Añorga en San Sebastián (Gipuzkoa), contratista principal Construcciones Etxezabal, proyecto original del maestro Eduardo Torroja y fantástico proyecto de reforma del arquitecto Jaime Vergel para Añorga Kirol eta Kultur Elkartea. Consiste en unas costillas prefabricadas en hormigón gris abujardado con doble curvatura, un trabajo de gran complejidad sobre todo para la ejecución de los moldes y las armaduras ya que incluso las tabicas eran alabeadas para adaptarse al diseño previsto.



6. METODOLOGÍA BIM

6.1. Conceptos básicos

La metodología BIM (modelado de información de la construcción) es un fenómeno imparable que irremediablemente empieza a cambiar la forma en que se ha concebido la construcción hasta ahora. Alineada con la llamada Industria 4.0 o Construcción 4.0, BIM viene fundamentalmente a “poner orden” en los proyectos de construcción, estableciendo mecanismos que permiten a todos los agentes participantes (estudios de arquitectura, consultoras e ingenierías, direcciones de proyecto y obra, empresas constructoras y subcontratistas, proveedores de materiales de construcción, administraciones, gestores de edificios e infraestructuras, etc.) establecer una comunicación más fluida, basándose en el desarrollo y acceso a modelos tridimensionales virtuales del edificio o infraestructura que se comparten, y que contienen información más allá de la geométrica con el fin de facilitar su uso en las diferentes fases del ciclo de vida del proyecto.

El sector de la construcción debe afrontar este salto hacia la digitalización de los proyectos, algo que atañe especialmente a los fabricantes y proveedores de productos de construcción, elementos imprescindibles para realizar cualquier proyecto constructivo.

En la etapa pre-BIM, cada proyecto, véase un edificio, se componía a su vez de determinados sub-proyectos (estructura, fachadas, instalaciones, accesos, etc.) que se han diseñado y ejecutado mayoritariamente mediante planos, y de forma independiente y a veces contradictoria (por ejemplo, una tubería que se define por donde ya transcurre una columna), provocando un número muchas veces elevado de errores que se manifiestan fundamentalmente durante la fase de ejecución, con los consecuentes perjuicios en plazos y costes.

En cambio, BIM actúa como una gran base de datos de todos los elementos que forman parte de un proyecto de construcción. Cada elemento está catalogado, por así decirlo, y cada cambio que pueda realizarse (por ejemplo, una viga cuya posición se cambia por un determinado motivo) permite visualizar cualquier alteración de los elementos adyacentes (por ejemplo, las conexiones con los pilares en los que apoya). Además, al ir incluyendo y refinando información a lo largo del proyecto, se genera un historial donde se archivan las decisiones tomadas, los datos de los materiales y los servicios realizados con la conformidad legal adecuada.

Por estos motivos, el uso creciente de BIM representa una oportunidad ideal para la consolidación definitiva de la industria de los elementos prefabricados de hormigón. La metodología BIM y especialmente la construcción industrializada con elementos prefabricados de hormigón se basan en parámetros similares: control más exigente desde la fase de diseño, un estricto cumplimiento de la geometría y la posición de los distintos elementos constructivos, mayor calidad, costes y plazos controlados y, como consecuencia de todo ello, mayor eficiencia al término de la obra.

6.2. Estrategia BIM de las empresas de prefabricados

6.2.1. El salto a BIM

Cada vez más, cualquier fabricante que aspire a participar en proyectos desarrollados bajo esta metodología, deba desarrollar antes un catálogo de productos en lenguaje electrónico BIM que permita a los proyectistas utilizar y conocer esta información. Se pasa de una información técnica basada en planos o ficheros de texto, a archivos digitalizados legibles por software BIM. La forma de transformar esta información en BIM diferirá según el tipo de fabricante: su magnitud, capacidad técnica y económica, ámbito geográfico de actuación, etc. Para ello, es fundamental que el fabricante digitalice su catálogo de producto, algo que será más o menos complejo en función básicamente del grado de estandarización de los elementos. En el caso de los elementos con aplicaciones estructurales, cada fabricante cuenta con una serie de secciones y características tipo que habrá que adaptar para cada proyecto específico, pudiendo encontrarnos además con un número elevado de elementos variados dentro de un mismo proyecto.

6.2.2. Nivel de información de los objetos

Otra decisión que subyace en este sentido es qué cantidad de información debe incorporarse en BIM, para lo cual habrá que decidir qué debe incluirse y qué no (por ejemplo, características que no sean relevantes para el proyecto, o prefieran omitirse por ser información confidencial, etc.) y qué nivel de parametrización (optimizar el número de objetos a desarrollar, agrupándolos por ciertas características/parámetros). La información que contendrán los objetos, puede clasificarse de la siguiente forma:

- Geometría: se puede definir con exactitud (largo x ancho x alto), o bien parametrizar dejando abiertas las dimensiones, definiendo un rango para cada dimensión y/o fijar un valor exacto que sea representativo (por ejemplo, placas alveolares de canto 1.200 mm).
- Datos básicos: pueden ser las características esenciales que presentan las normas armonizadas de producto, referencia para los prefabricados con marcado CE (por ejemplo, tomando los valores que ya vienen definidos en la documentación de marcado CE, como es el caso de las Declaraciones de Prestaciones).
- Otros datos: información que el fabricante puede adicionalmente asignar al objeto BIM, ya sea de tipo cuantitativo (precio por m², texturas superficiales, etc.) y/o cualitativo (marketing, instrucciones de montaje, etc.).

6.2.3. Desarrollo de objetos BIM

Una de las decisiones que debe tomar la empresa es si el desarrollo de objetos BIM de su catálogo de productos se lleva a cabo con personal propio (departamento técnico, delineantes, etc.) o si es preferible recurrir a una entidad especializada externa. En el caso de los fabricantes de estructuras en que, por magnitud de la empresa, y en que predominen los elementos poco estandarizados que dependen de cada proyecto, cabe esperar que la empresa apueste por la ir formando a personal propio para que adquiera las competencias necesarias en el uso de herramientas de modelado BIM y generar una biblioteca propia y ampliable en el tiempo.

6.3. Plataformas de objetos BIM

Es esencial apuntar la importancia que están adquiriendo las plataformas BIM de objetos de construcción, que presentan un número creciente de archivos digitales de productos y sistemas de construcción, tanto de fabricantes con productos específicos como de productos genéricos. Estas plataformas equivalen a buscadores de productos de construcción, donde aparecen todos aquellos productos de empresas que tienen objetos BIM con información geométrica y de otras características.

Cabe destacar la iniciativa llevada a cabo por ANDECE colaborando con algunas de estas plataformas para presentar una galería de productos prefabricados de hormigón representativos, con el objetivo de enseñar a las empresas asociadas el camino a emprender en esta evolución digital hacia la metodología BIM.

6.3.1. BIMETICA

De origen español, la base de datos continúa creciendo gracias a la colaboración activa de diferentes fabricantes y asociaciones empresariales, que añaden nuevos productos y actualizan los datos continuamente. Gracias a ello, cualquier usuario puede acceder gratuitamente a la información de los productos y descargar los objetos BIM como familias Revit, objetos Archicad, archivos IFC, archivos AECOsim, archivos CAD 2D/3D, especificaciones técnicas, etc. con información detallada que puede integrarse directamente en el proyecto.

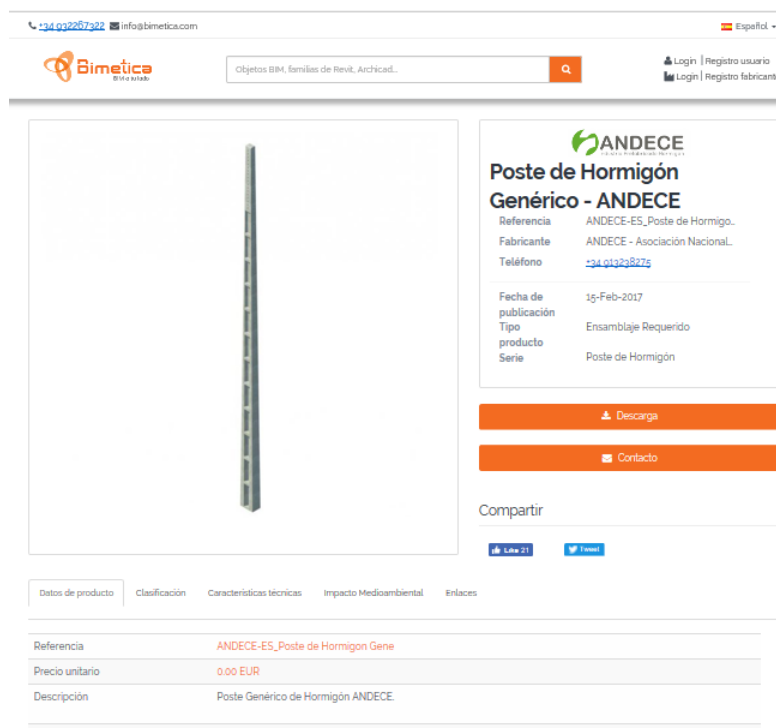


Figura.- Ventana de presentación del poste genérico prefabricado de hormigón en la galería BIMETICA

+info: Galería de productos genéricos de ANDECE en BIMETICA [\[+\]](#)

6.3.2. BIM&CO

De origen francés, BIM&CO ofrece una plataforma de colaboración internacional para contratistas y fabricantes de productos de construcción con el objetivo de estructurar y distribuir sus datos a todas las partes involucradas en los procesos de la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción.

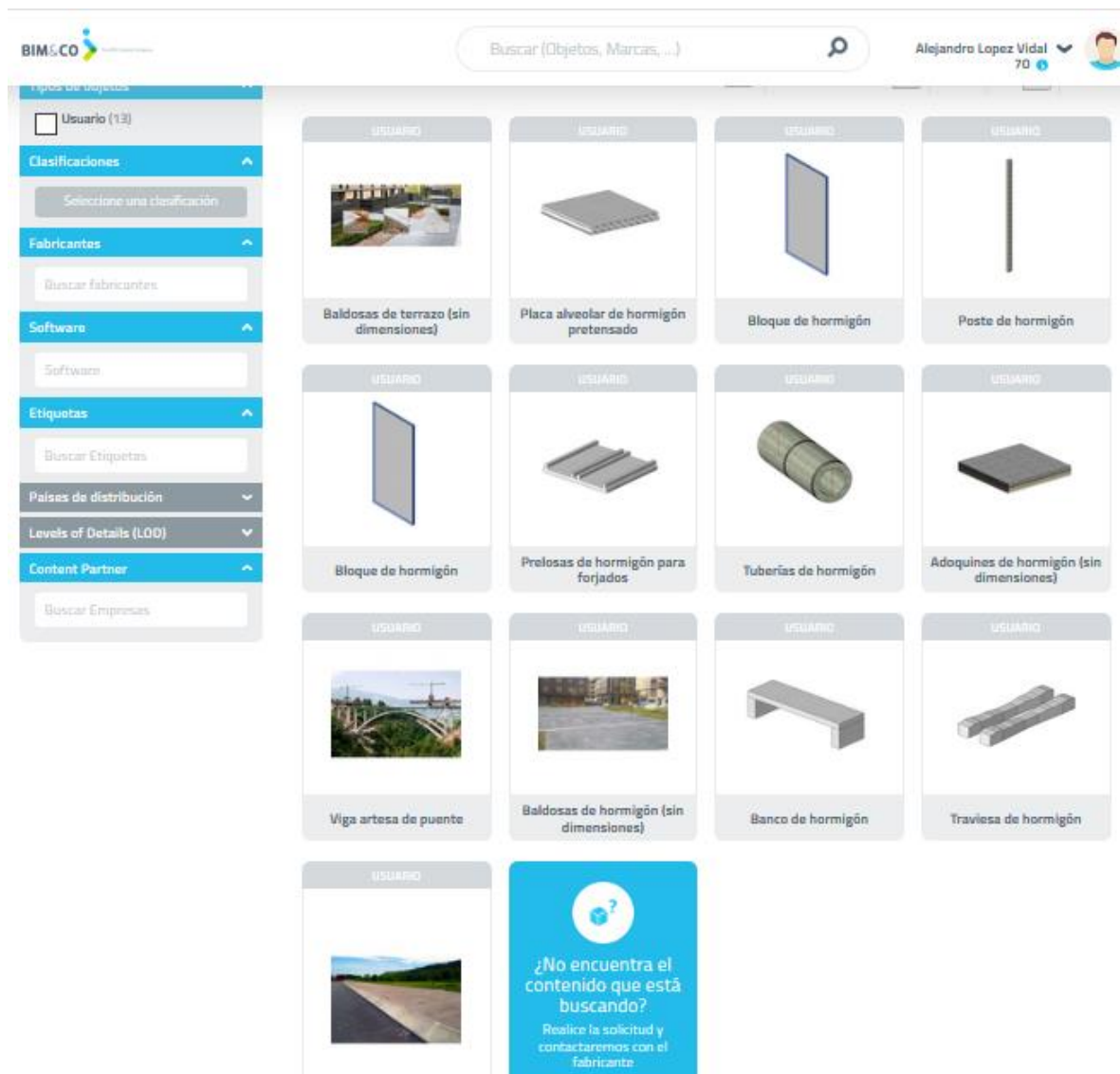


Figura.- Presentación de los objetos genéricos de ANDECE en la plataforma BIM&CO

“Galería de productos genéricos de ANDECE en BIM-CO” [\[+\]](#)

Ejemplo de contenidos del objeto genérico “Placa alveolar” desarrollado directamente por ANDECE dentro de la plataforma BIM&CO

- Información general: datos creación, enlaces útiles (por ejemplo, al [buscador de fabricantes de la web de ANDECE](#) al tratarse de un producto genérico), código QR para poder descargarlo, etc.
- Fotografías seleccionadas de los elementos.
- Modelos 3D para descarga en el/los software en que se haya desarrollado (en este caso REVIT).
- Documentos adicionales: libertad para añadir información técnica, comercial, etc. que el fabricante quiera añadir.
- Propiedades y variantes: descripción técnica del elemento (en este caso, clasificado por los distintos cantos habituales).
- Clasificaciones según los estándares más reconocidos globalmente.
- Países de distribución: se puede dejar abierto, o acotarlo al país/países donde se comercialice el producto para concentrar la atención en un área geográfica determinada.

6.4. Entrada del prefabricador al proyecto

Los proyectos con sistemas constructivos con elementos prefabricados de hormigón deben definirse de forma completa e inequívoca en proyecto (como en BIM), comenzando por la forma (precisión geométrica más elevada debido al proceso industrial) y las propiedades técnicas de los elementos individuales (vigas, placas prefabricadas de hormigón,...) hasta conformar el sistema constructivo completo (estructura, fachada,...), concibiendo, como debiera ser lógico, que lo proyectado debe ser construible. Con este enfoque, el prefabricador se

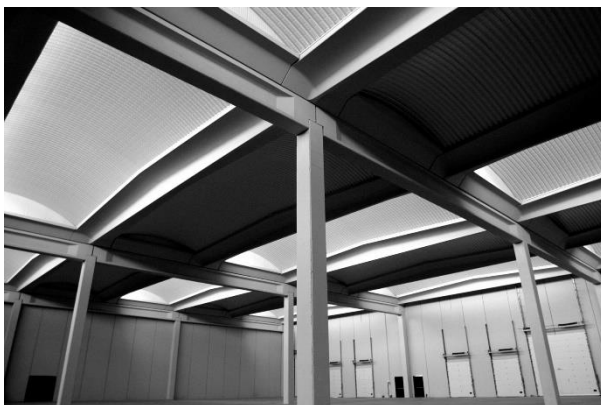
presenta cada vez más como un apéndice del proyecto, al tener inevitablemente que contar con su asistencia técnica en el desarrollo del proyecto.

6.5. BIM como elemento de diferenciación

Los usuarios de BIM afirman frecuentemente que la implementación de BIM deberá provocar un empuje a la industrialización en la construcción, de forma que cabe esperar que esto también conduzca a una mayor prescripción de elementos prefabricados de hormigón, especialmente aquellos con un mayor componente industrializado (estructuras, fachadas) frente a otros sistemas constructivos alternativos.

Además, el uso de software por parte de los prefabricadores en la etapa de diseño, permite despiezar los elementos individuales y de esta forma generar automáticamente las planillas de fabricación de dichos elementos por lo que resulta aún más si cabe un proceso controlado y eficaz, frente a la construcción tradicional en la que el proceso es cambiante y se diluye al ir avanzando a lo largo de las etapas.

También debe hacerse notar que los productos o sistemas de construcción deban quedar fijados al proyecto en fases cada vez más tempranas, de forma que la conocida definición de “Unidad X o similar” reduzca enormemente su presencia en las memorias de los proyectos, lo cual desde el punto de vista de los elementos industrializados, es una clara ventaja.



Figuras.- La primera imagen es la de una estructura prefabricada de hormigón; y la segunda corresponde a una estructura resuelta in situ. Mientras que en la primera la precisión y el respecto por la geometría y posición de los elementos es imprescindible, en la estructura in situ, independientemente de si el proyecto fue o no desarrollado bajo metodología BIM, la mayor dependencia de la ejecución (mano de obra, condiciones ambientales externas, fragmentación en la información de proyecto a obra, mayor dispersión de agentes, etc.) hace que muy probablemente se pierdan los principios fundamentales bajo los que se rige BIM

Vídeo “Industrialización: el BIM más rentable”. José Cosculluela – Socio Gerente de CONSTRUSOFT España [\[+\]](#)

OBRAS CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

Ganador del TEKLA BIM AWARDS 2018 en la categoría de proyectos comerciales

Otra de nuestras empresas asociadas ha sido galardonada con el premio CONSTRUSOFT BIM 2018 al mejor proyecto comercial de España y América Latina. Se trata de una estructura prefabricada de hormigón modelada íntegramente con el programa TEKLA, además de otros elementos también prefabricados, como muros perimetrales, escaleras prefabricadas y algunos cerramientos medianeros para centro comercial formado por parking de 3 plantas y edificio comercial ubicado en Lloret de Mar (Barcelona).

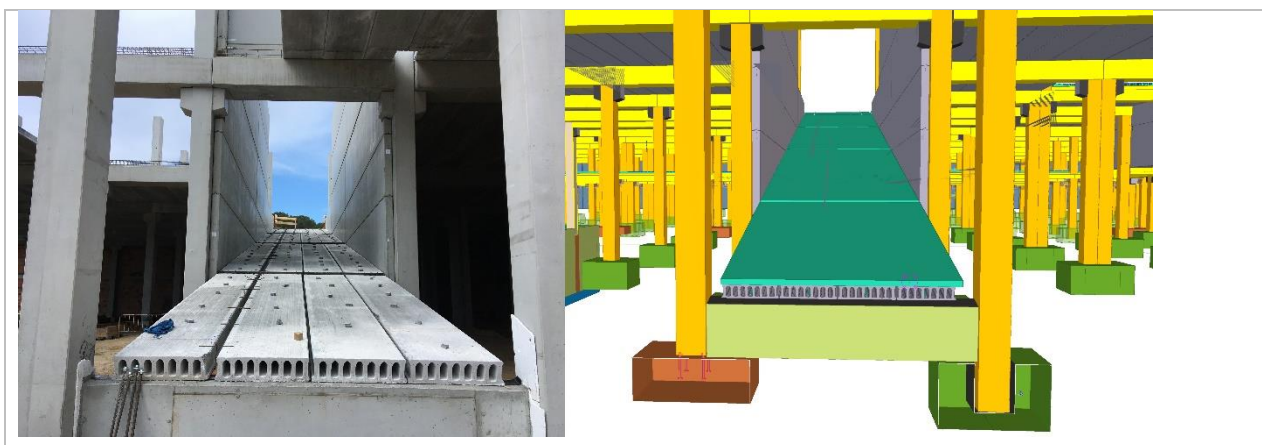
La utilización de la metodología BIM ha estado clave en este proyecto por varias razones.

Una de estas razones es por la propia magnitud del proyecto, dónde el hecho de utilizar BIM les ha permitido proyectar de forma más rápida, efectiva y resolviendo distintas entregas y uniones en fase de proyecto y de forma altamente eficiente y a la vez poder generar todo tipo de documentación gráfica según las necesidades.

Por otro lado, se han proyectado las armaduras de todos los elementos prefabricados, resolviendo en fase de proyecto intersecciones entre armadura y elementos metálicos integrados en dichos elementos de hormigón. Una vez generada la armadura y comprobada su viabilidad se han generado las fichas de producción automáticamente, de forma que se reduce el error humano.

Los 950 viajes, se han programado directamente desde el modelo, permitiendo un ajuste máximo en el peso de las cargas de los vehículos de transporte y optimizando el tiempo de gestión, ya que utilizando filtros se podía comprobar que piezas ya estaba programada su carga y cuáles no, además de poder identificar que piezas llevaba el vehículo para poder programar un montaje rápido a obra

Otra ventaja de utilizar metodología BIM es la fácil interacción entre industriales, de forma que la Dirección Facultativa ha podido auditar los dimensionados y entregas entre distintos materiales.



EMPRESAS ASOCIADAS

Relación de fabricantes asociados de ANDECE que declaran fabricar elementos prefabricados de hormigón para estructuras de edificios, en el momento de edición de esta guía. Seleccionar “Estructuras de edificación” en el siguiente enlace: <http://www.andece.org/directorio-de-negocios/>

SOCIOS ADHERIDOS

Relación de socios adheridos de ANDECE que suministran productos y/o servicios directamente relacionados con los elementos prefabricados de hormigón para estructuras de edificios, en el momento de edición de esta guía: <http://www.andece.org/miembros-adheridos/>

REFERENCIAS

- Presentación de la Guía Técnica de Estructuras Prefabricadas de Hormigón [\[+\]](#)
- Guía técnica de aplicación del CTE a elementos prefabricados de hormigón – ANDECE [\[+\]](#)
- Guía Autodeclaraciones ambientales de productos prefabricados de hormigón – ANDECE [\[+\]](#)
- Guía BIM para empresas de prefabricados de hormigón – ANDECE [\[+\]](#)
- Máster de construcción industrializada en hormigón [\[+\]](#)
- Nueva Norma UNE 127050:2020. Un paso más hacia la industrialización a partir de sistemas prefabricados de hormigón. CIC ARQUITECTURA [\[+\]](#)
- “Economía circular en los prefabricados de hormigón: hacia el objetivo ‘cero residuos’”. Revista Cemento Hormigón [\[+\]](#)
- Código Estructural. [\[+\]](#)
- “Planning and design handbook on precast building structures”. FIB. 2014 [\[+\]](#)