

# Economía circular en los prefabricados de hormigón: hacia el objetivo 'cero residuos'

**Alejandro López Vidal.** Director Técnico ANDECE (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón). Secretario Técnico Subcomité AENOR AEN/CTN 198/SC1 Sostenibilidad en la edificación.

El plan de acción de economía circular aprobado por la Comisión Europea establece realizar un uso más eficiente de los recursos, minimizando los que se consumen y reincorporándolos a un nuevo proceso productivo. El propio concepto de prefabricado, como variante industrializada de la construcción en hormigón, ofrece una serie de características de partida que permiten asegurar que habrá una mejor adaptación a las exigencias que en este sentido se derivarán, como son una menor cantidad de residuos obtenidos y que, de producirse, se generan en la propia fábrica por lo que su aprovechamiento es más sencillo y económico, una probada mayor durabilidad o un diseño estructural más optimizado. Este artículo ofrece una visión panorámica del estado tecnológico actual del sector del prefabricado y algunas de las experiencias presentes y futuras que deberán servir para cumplir con los objetivos que impondrá progresivamente este modelo sostenible.

## Potencial de la construcción industrializada con elementos prefabricados de hormigón en un modelo de economía circular

Los elementos prefabricados de hormigón han evolucionado significativamente en el último siglo hasta cubrir un gran número de aplicaciones en edificación y obra civil, hasta el punto que han desarrollado una serie de rasgos propios que permiten identificar a esta metodología como una forma de construir con personalidad propia. En la elaboración de este artículo hemos llevado a cabo un análisis objetivo de qué grado de cumplimiento se observa actualmente en la industria del prefabricado para satisfacer las exigencias en que se basa el modelo de economía circular, qué medidas se están llevando a cabo por parte de las empresas fabricantes y qué retos se deberán acometer en los próximos

años para mejorar la competitividad del sector en un entorno en que todos estos principios de construcción sostenible gobernarán gran parte de las decisiones de técnicos y reguladores.

Para realizar este análisis, hemos tomado como referencia el esquema modular que presenta la norma europea UNE-EN 15804 [1] que establece las reglas de categoría básicas para la realización de declaraciones ambientales de productos de construcción.

Antes de profundizar en el análisis, debe destacarse que la durabilidad de los elementos prefabricados de hormigón, especialmente aquellos con fines estructurales, es una de las características más reconocidas. El hecho de ser fabricado en un entorno protegido de las condiciones ambientales adversas y que sea resultado de un proceso industrial bajo un sistema de control de producción en fábrica, permite asegurar una vida útil superior a la establecida reglamentariamente (50 ó 100 años) [2]. De esta forma, la posible generación de residuos y/o necesidad de extraer nuevos recursos con que producir nuevos elementos destinados a nuevas construcciones se amortizan en un periodo de tiempo más largo.

Además, este proceso industrial controlado conlleva una reducción significativa del riesgo de presentar algún tipo de patología y que de producirse, éstas se detectan en la propia fábrica y no en la obra, cuya reparación y/o tratamiento del residuo siempre resulta mucho más complejo y costoso [3].

## Etapa de producto

Antes de entrar en el proceso productivo, debemos referirnos a la fase de proyecto en que se dimensionan todos los

■ Figura 1. Esquema de módulos a lo largo del ciclo de vida de un edificio, según UNE-EN 15804.



elementos que conformarán la obra. Aquí debe destacarse la posibilidad que ofrece la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08 de reducir los coeficientes de seguridad del hormigón y acero en aquellos elementos prefabricados para estructuras que estén certificados con un Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido [4]. Esto supone una enorme ventaja en cuanto a que se mejora la relación entre prestaciones mecánicas de los elementos y consumo de materiales necesarios. Si bien la coyuntura actual de la construcción no ha ayudado a una mayor demanda de este tipo de elementos, cabe esperar que la progresiva exigencia de principios de economía circular y certificación de la sostenibilidad en las estructuras, permita prever un crecimiento de la cuota de mercado de estos elementos que garanticen la máxima calidad.

Otro aspecto que juega a favor de los elementos prefabricados es el control de calidad efectuado en la propia fábrica. Desde la progresiva introducción del marcado CE en los productos prefabricados de hormigón a partir de 2005, requisito obligatorio para la comercialización de estos en la Unión Europea, se ha conseguido reducir los residuos de fabricación entre un 10 y un 15% [5] como resultado inmediato de controlar de forma continuada más de 50 parámetros, que van desde la recepción de las materias primas, la inspección de equipos, el proceso de producción del hormigón, la elaboración de las armaduras, y hasta que el producto está terminado y preparado para enviar a la obra. En cuanto a la pequeña proporción de residuos generados (restos de piezas defectuosas, cortes de elementos en finales de pista, despuntes de armaduras, etc.), los fabricantes suelen acumularlos en una zona localizada de la planta y darles un tratamiento posterior. En el caso del hormigón, éste puede ser triturado y convertido en árido reciclado para utilizarlo en la fabricación de nuevas piezas, teniendo en cuenta las limitaciones de uso que permite la EHE-08 [6]: hasta un 100% en elementos de hormigón en masa y un 20% en elementos de hormigón armado (resistencia característica máxima de 40 N/mm<sup>2</sup>). En este caso, la práctica habitual es que los fabricantes recurran a máquinas trituradoras móviles que se desplazan hasta la fábrica cuando se haya acumulado un determinado volumen de residuos. Aquí es importante destacar la diferencia entre la prefabricación y los procesos de construcción convencionales, en cuanto al tratamiento de los residuos generados. En el primer caso, tal y como se observa desde ANDECE, numerosas empresas del sector llegan a absorber el 100% del residuo generado internamente, para replicar a continuación los mismos elementos, especialmente aquellos con fines no estructurales como adoquines, baldosas o bloques; mientras que en los residuos generados a pie de obra, normalmente se destinan para aplicaciones de menor responsabilidad como rellenos, bases de carreteras y similar.

También deben resaltarse proyectos de investigación cuyo cometido pasa por el aprovechamiento de determinados residuos de construcción u otras procedencias para fabricar elementos prefabricados de hormigón con propiedades de aislamiento térmico, como es el caso del proyecto europeo VEEP [7] en el que participan tres entidades españolas, u otros de escala nacional donde se estudia la influencia de la incorporación de granulados de neumático fuera de uso como sustitución parcial de

■ *Figura 2. Probeta de hormigón con sustitución parcial de los áridos naturales por residuos de neumáticos. (Foto: cortesía de PREHORQUISA).*



los áridos del hormigón, para la fabricación de paneles de hormigón arquitectónico o barreras de seguridad para carreteras.

En esta línea, el papel que la I+D+i está jugando para explorar las ilimitadas posibilidades que puede ofrecer el hormigón es digno de reseñar, como prueba el hecho de que el desarrollo de cementos “verdes” sea considerado en un estudio prospectivo del MIT como uno de los 10 grandes retos tecnológicos de nuestra sociedad: mejorando sus prestaciones, reduciendo el consumo específico de energía y las emisiones específicas de CO<sub>2</sub> en el proceso de fabricación, desarrollando nuevos cementos (cementos belíticos, cementos ternarios, etc.). La espectacular mejora alcanzada a partir del uso de la química (aditivos) que conducen a lograr procesos más eficientes, o la adición de nuevas materias primas que ayuden a la eliminación de contaminantes ambientales como los óxidos de nitrógeno, o superficies autolimpiables, resultando una contribución incontestable en las tres vertientes de la sostenibilidad. En este sentido, la industria del prefabricado ha servido de apoyo y de laboratorio de prueba para lograr muchos de los avances tecnológicos alcanzados en la construcción en hormigón [8].

También debemos apuntar la inversión acometida por algunas plantas de prefabricados para construir instalaciones de recogida de agua. Éstas tienen como finalidad la captación del agua procedente del lavado de cubas y moldes, que puede ser tratada para emplearla en un nuevo proceso productivo según las limitaciones que también define la EHE-08 [9].

Tampoco debe obviarse que un modelo de economía circular plena debe considerar el tratamiento realizado a los elementos complementarios de la propia actividad. Por ejemplo, los moldes suponen un elemento clave en la prefabricación, siendo ya en su mayoría elementos metálicos que al final de su vida útil se reparan para reintroducirlos en un nuevo ciclo vital, o en otros casos se destinan a chatarra para su reciclaje.

## Etapa de proceso de construcción

Probablemente sea en esta fase donde mejor se manifiestan las ventajas que ofrece la prefabricación, aceptada ésta como la versión industrializada de la construcción en hormigón. En un edificio prefabricado, las operaciones en la obra son esencialmente de montaje y no de elaboración. Por tanto, el grado de prefabricación de un edificio se puede valorar según la cantidad de elementos rechazables generados en la obra; cuanta mayor cantidad de residuos, menor índice de prefabricación presenta la construcción [10]. El hecho diferencial de trasladar la mayoría de operaciones a la fábrica y limitar al máximo las numerosas tareas que se realizan en la obra, donde el control y ejecución se llevan a cabo por un amplio número de agentes que intervienen en instantes diferentes, conlleva a una mayor eficiencia y optimización de los recursos y, por tanto, a eliminar o al menos reducir enormemente, la cantidad nada desdeñable de residuos que suelen producirse en las obras más convencionales y que deben ser tratados posteriormente, con el impacto económico y ambiental que ello supone.

Un concepto que debe ser aclarado es que la industrialización no es un 'todo o nada', existe un término llamado 'grado de industrialización' que implica que habrá partes de la construcción realizadas a pie de obra y otras serán realizadas en una línea de producción. Por tanto, se debe analizar cada unidad constructiva para evaluar la mejor solución para cada caso.

Se podría asumir que el grado de restante de no-industrialización, determina la probabilidad de generación de residuos. Por ejemplo, la estructura se puede llegar a prefabricar casi por completo (99%) quedando un 1% de operaciones de obra potencialmente generadoras de algún tipo de residuo. Estos datos quedan refrendados por un interesante estudio realizado por Flavio Picchi [11] para su tesis doctoral, quien, tras analizar el proyecto y la construcción de más de 30 edificios realizados en Brasil, llegó a la conclusión de que "existe un 30% del costo total de la obra compuesto por desperdicios, es decir, si por ejemplo tuviéramos un proyecto de cuatro torres de departamentos, la cuarta de ellas se podría construir con los desperdicios de las otras tres". Estas cifras son inasumibles desde todos los prismas que se evalúen: ecológico, social y económico.

■ **Tabla 1. Análisis del grado de industrialización potencial por capítulos de obra.**

Unidades constructivas susceptibles de emplear elementos prefabricados de hormigón	Tipologías de elementos prefabricados de hormigón	Posible grado de industrialización
Red de saneamiento	Tuberías y otros elementos de canalización	90%
Cimentación	Zapatas, pilotes y vigas	85%
Estructura	Pilares, vigas, elementos para forjados (placas alveolares, prelosas, viguetas, bovedillas), escaleras, muros pantalla	99%
Cerramientos y particiones	Paneles y bloques	99%
Cubierta	Elementos para forjados y tejas	90%
Pavimentos	Baldosas de terrazo	85%

■ **Figura 3. Estructura íntegramente prefabricada de hormigón para nave industrial. Ejemplo de construcción industrializada donde la generación de residuos de construcción es prácticamente inexistente.**



Por último, se puede aventurar que la creciente adaptación de los proyectos constructivos a la metodología BIM supondrá un mayor impulso a la industrialización de la construcción y, por tanto, a un mayor protagonismo de los elementos prefabricados de hormigón. Como consecuencia, se pueden llegar a eliminar gran parte de los errores habituales de la construcción actual y que se traducen normalmente en sobrecostos, modificados, generación de residuos o desviaciones en plazo [12].

## Etapa de uso

Aquí podemos remitirnos a la mayor durabilidad que mencionábamos anteriormente, y que en general ofrecen las soluciones en prefabricado de hormigón, extendiendo en un periodo de tiempo más largo toda la carga ambiental a analizar. Estos aspectos quedan definidos en el informe UNE 127757 'Reglas de categoría de producto para la obtención de declaraciones ambientales de productos prefabricados de hormigón' publicado recientemente por AENOR y que ya presentamos en esta misma publicación [13]. Este documento proporciona una serie de posibles escenarios de uso de las distintas familias de productos prefabricados de hormigón en sus principales aplicaciones constructivas, primando además que el análisis de ciclo de vida se aborde por completo (cuna a tumba) para obtener una información ambiental más rigurosa.

■ **Tabla 2. Escenarios de uso de los elementos estructurales para edificación, tanto en exterior como en interior. Fuente: Tabla A.1. Anexo A UNE 127757:2016 IN.**

Submódulo	Escenarios
B1 Uso del producto instalado	Emisión potencial al suelo o a las aguas subterráneas (uso exterior) o al aire interior (dentro de los edificios), si influyera (generalmente no hay correlación directa). Proceso de carbonatación (si es considerada)
B2 Mantenimiento	Generalmente no se prevé mantenimiento Posibles tratamientos periódicos de limpieza para aquellos elementos con fines especiales (por ejemplo, valor estético)
B3 Reparación	La reparación puede ser necesaria en caso de daños accidentales a los elementos estructurales o a elementos con fines estéticos
B4 Sustitución	-
B5 Rehabilitación	-
B6 Uso de energía para el funcionamiento	La energía utilizada para los sistemas de calefacción y aire acondicionado integrados en los elementos (sólo en aquellos casos en que los productos prefabricados de hormigón tengan una importancia crucial)
B7 Uso de agua para el funcionamiento	El agua utilizada para los sistemas de calefacción y aire acondicionado integrados en los elementos (sólo en aquellos casos en que los productos prefabricados de hormigón tengan una importancia crucial)

De esta Tabla 2, la rehabilitación no se considera, mientras que la sustitución puede ser tenida en cuenta en caso de que los daños accidentales puedan evaluarse (por ejemplo, probabilidad estadística de daños sobre barreras de seguridad en carreteras)

■ **Figura 4. Pavimento drenante mediante el modelo losa IIIa. (Foto: cortesía de BREINCO).**



que serían las hipótesis que conllevarían un mayor consumo de recursos y un tratamiento más complejo de los residuos generados.

Asimismo, hay empresas del sector que consideran que los elementos prefabricados pueden desempeñar un papel activo durante la etapa de servicio de la construcción. Entre otros ejemplos, podemos subrayar alguna propuesta de diseño innovador como las losas de pavimentación para jardines que disponen de una ranura inferior prevista para la instalación del riego por goteo, contribuyendo a reducir el consumo de agua para riego y la posibilidad de utilizar agua no potable.

## Etapa de fin de vida. Beneficios y cargas más allá de los límites del sistema

Aunque tradicionalmente el diseño no ha considerado el factor de que las construcciones, al llegar al final de su ciclo de vida, deben eliminarse, esto debería significar otro impulso adicional en el fomento de la industrialización, pues favorece el desmontaje de los elementos constructivos en contraposición a otras actuaciones de demolición, mucho más perjudiciales atendiendo al enfoque de economía circular. Este requisito ya es considerado en certificaciones de la sostenibilidad de los edificios, como los sellos LEED o BREEAM [14], que puntúan positivamente el empleo de elementos reutilizados, destacando también algunos proyectos de investigación en que participan empresas de prefabricados para lograr soluciones de diseño que permitan no sólo la reutilización posterior de las piezas, sino intermedias por si se produce algún cambio de uso de los edificios que requiera una modificación de la distribución de los espacios internos; o también como sistemas de aislamiento térmico por el exterior de paneles prefabricados con hormigón arquitectónico para rehabilitación de edificios, extender la vida útil de las fachadas y revalorizar los inmuebles.

■ **Figura 5. Colocación de paneles del proyecto 'ETIXc' financiado por el CDTI (Convocatoria EEA Grants) para el desarrollo de un sistema de aislamiento térmico prefabricado para envolventes de edificación con acción descontaminante y autolimpiante. Edificio Kubik de TECNALIA. (Foto: cortesía de PREHORQUISA).**



## Conclusiones

El plan de acción sobre la economía circular establece medidas para cerrar el círculo y abordar todas las fases del ciclo de vida de un producto [15]. Puede afirmarse que la industria del prefabricado de hormigón ofrece una serie de condicionantes idóneos de partida para cumplir con la mayoría de los principios que rigen este modelo de actuación, entre los que cabrían destacar su mayor durabilidad, el menor mantenimiento, un uso más eficiente de los recursos desde el diseño o la reciclabilidad, tal y como lo demuestran algunas medidas puestas ya en práctica por empresas del sector. En cualquier caso, este nuevo escenario obliga al sector del prefabricado para continuar evolucionando, quien tiene ante sí un reto para sacar provecho de todo este potencial, a fin de mejorar su competitividad tecnológica frente a otros materiales de construcción alternativos en las próximas décadas. ANDECE, como representante autorizado de la industria española del prefabricado de hormigón, guiará a las empresas asociadas en la correcta adecuación a este nuevo modelo a través de recomendaciones de buenas prácticas, intercambio de experiencias exitosas o su reconocimiento a nivel reglamentario.

## Referencias

[1] UNE-EN 15804:2012+A1:2014 Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción.

- [2] "BIM welcomes the new circular economy package, issued by the European Commission". 2015.
- [3] A. López. Posibles patologías en prefabricados de concreto. NOTICRETO. 2016
- [4] A. López, M.A. Santos y V. Ciscar. Los Distintivos de Calidad Oficialmente Reconocidos según la EHE-08: Elementos estructurales de hormigón prefabricado. ANDECE. 2011 [http://andece.org/images/stories/Alex/dor\\_ph.pdf](http://andece.org/images/stories/Alex/dor_ph.pdf)
- [5] Estudio interno llevado a cabo por ANDECE de la eficacia lograda a partir de la entrada del mercado CE. 2010
- [6] Recomendaciones para la utilización de áridos reciclados. Anejo 15 EHE-08.
- [7] Accepted Horizon 2020 project: prefab building material out of recycled construction waste. <http://www.citygtudelft.nl/en/current/latest-news/article/detail/horizon2020-project-toegekend-prefab-bouwmaterial-van-gerecycled-bouwafval/>
- [8] A. López y A. Alarcón. Hacia la sostenibilidad de la construcción con elementos prefabricados de concreto. NOTICRETO. 2016 [http://andece.org/images/BIBLIOTECA/sostenibilidad\\_hormigon\\_noticreto.pdf](http://andece.org/images/BIBLIOTECA/sostenibilidad_hormigon_noticreto.pdf)
- [9] Agua. Artículo 27 EHE-08.
- [10] C. Escrig. Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón. 2010.
- [11] F. Picchi. Estimación de desperdicios en obras de edificación. 1993.
- [12] A. López. Una (r)evolución llamada BIM. Cemento Hormigón. 2016
- [13] A. López. Reglas de categoría de producto para la obtención de declaraciones ambientales de productos prefabricados de hormigón. Cemento Hormigón. 2016 [http://andece.org/images/BIBLIOTECA/ch\\_973\\_hormigon.pdf](http://andece.org/images/BIBLIOTECA/ch_973_hormigon.pdf)
- [14] Principios de construcción sostenible. Módulo 10 Curso de especialidad básica - Conocimiento de la construcción industrializada con prefabricados de hormigón o concreto. Máster Internacional de Soluciones Constructivas con Prefabricados de Hormigón o Concreto. ANDECE – STRUCTURALIA. 2015. [www.capacitacionprefabricados.com](http://www.capacitacionprefabricados.com)
- [15] "Circular economy communication. 02.12.2015 Analysis". Construction Product Europe. 2015. <http://www.construction-products.eu/publication.aspx?doc=411>