

CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA SOSTENIBLE: LOS EDIFICIOS Y LAS VIVIENDAS QUE NECESITAMOS

[Versión imprimible en pdf](#)

Juan José del Coz Díaz
Profesor titular
Universidad de Oviedo

José Luis Suárez Sierra
Presidente
ENHCO Ingeniería de Sistemas A.I.E.

La industrialización del sector de la construcción debe desembocar en un nuevo modelo de edificación ecoeficiente energéticamente, dentro de un desarrollo sostenible con una clara orientación hacia el usuario final.

Hoy en día es evidente que, si se quieren satisfacer las exigencias sociales formuladas y las exigencias de producción para adecuarse a planteamientos de otros ámbitos industriales muchísimo más evolucionados tecnológicamente, se debe derribar la barrera de los sistemas constructivos convencionales, anclados en las técnicas propias de los años setenta.

El deseo de los países más desarrollados es que en el sector de la construcción se desarrollen tecnologías, sistemas y procesos constructivos más innovadores y competitivos que permitan garantizar mayores niveles de calidad y seguridad en la construcción, así como la mejora de la competitividad general del sector a través de su modernización y tecnificación.

El objetivo apuntado con el título del presente artículo de industrialización del sector de la construcción debe desembocar en un nuevo modelo de edificación ecoeficiente energéticamente, dentro de un desarrollo sostenible con una clara orientación hacia el usuario final. No se debe olvidar que el objetivo general que se debe atender es el derecho constitucional del ciudadano de disponer de una vivienda digna y que los esquemas más convencionales o tradicionales seguidos hasta la fecha por el sector de la construcción, han puesto la consecución del mismo bastante difícil, sobre todo en lo relativo al coste de la misma. Por tanto, se propone llevar a cabo un salto tecnológico en agentes presentes en el sector: precisando de éstos unas nuevas capacidades y un cambio de mentalidad que posibilite el desarrollo de nuevos productos y procesos de fabricación flexible para la obtención de soluciones avanzadas en las edificaciones y ciudades futuras. Este desarrollo tecnológico será la base para un crecimiento sostenible de las mismas, y permitirá la integración en la cadena de valor de la construcción de industrias tradicionales, que verán nuevas posibilidades de negocio para el diseño y desarrollo de productos dentro de éste sector y que, además, posibilitará la internacionalización de las mismas. Para lograr dichos objetivos, la premisa de partida será el empleo de materiales más ecológicos, tales como el acero (sostenible, reciclable y reutilizable), que son compatibles con las técnicas de construcción en fábrica, constituyendo un aliado para los sistemas industrializados. Sin duda alguna, *en un momento en el que casi todo es posible, es necesario hacer lo más razonable.*

evolución

materiales más ecológicos como el acero. Foto: Vicente González]

Desde mediados de los años sesenta, la construcción convencional de viviendas (los edificios en los que vivimos), ha sufrido una constante involución de sus técnicas constructivas, tanto en sus aspectos más cuantitativos (cantidad) como cualitativos (calidad): **(8)**.

Si ello hubiera coincidido con una simplificación de los estilos de vida, es decir, con una reducción de las prestaciones que nuestra sociedad demanda hacia la vivienda, dicho proceso, entendido como simplificación, podría haber tenido sentido. Pero la realidad es que la sociedad ha progresado y el número de requisitos que han de contemplar los edificios se ha incrementado exponencialmente: salubridad, respeto al medio ambiente y eficiencia energética, durabilidad y mantenimiento, seguridad en el uso, etc., los cuales implican, en cualquier caso, requisitos o prestaciones que no eran tomadas en consideración en los años sesenta y setenta.

En España, bajo las premisas iniciales de racionalización de la construcción para satisfacer las mejoras sociales y económicas, no se ha derivado hacia una búsqueda de métodos constructivos nuevos o hacia una diversificación y enriquecimiento de los procedimientos, sino que se ha desembocado en la utilización de un sistema fuertemente optimizado pero único: la estructura de hormigón de forjados planos (reticular o de vigas planas con viguetas y bovedillas) y cerramientos cerámicos. Se puede afirmar que más del 90 % de los edificios de viviendas que se han construido en los últimos años responden a esta tipología, hasta tal punto que toda la información de la que actualmente se dispone sobre rendimientos y costes de ejecución de obras se refiere exclusivamente a la experiencia en la aplicación del citado sistema. De hecho hoy casi nadie piensa que las estructuras de los edificios de viviendas puedan ser diferentes.

Todas las ventajas aparentes que pudiera haber proporcionado la permanencia, durante años y años, de un único sistema constructivo cuyos medios técnicos han evolucionado con el único objetivo de la racionalización de la citada estructura de hormigón de forjados planos, han sido compensadas negativamente por el bloque que se ha originado a la evolución de la construcción: un estancamiento de más de 40 años en la evolución de una técnica no es fácilmente recuperable. Hoy en día, y por las diferentes causas expuestas, es evidente que, si se quieren satisfacer las exigencias sociales formuladas y las exigencias de producción (costes, calidad, control de tiempos) para adecuarse a planteamientos de otros ámbitos industriales muchísimo más evolucionados tecnológicamente (construcción aeronáutica, construcción de automóviles, construcción naval, construcción aeroespacial), se debe derribar la barrera de los sistemas constructivos convencionales, anclados en las técnicas propias de los años setenta.

Aunque cuando se trata el tema de producción, inevitablemente se está comparado la edificación con productos industriales tales como automóviles y electrodomésticos, en la práctica, son muchos las voces que se resisten a esta comparación, dado su carácter específico derivado de cuatro causas fundamentales (A. del Águila): **(11)**

- Se trata de un bien de larga duración, por tanto no se trata de un bien de consumo propiamente dicho. Forma parte del patrimonio de las personas o las instituciones que lo poseen. Además, la vivienda, de alguna manera necesita ser "personalizada", y moldeada de acuerdo con los gustos y las cambiantes situaciones familiares de sus moradores.
- La edificación está unida al terreno, que muy a menudo influye en su forma arquitectónica. Tanto su producción, como su precio, dependen de él estrechamente, hasta el punto de que los problemas que plantea el terreno son con frecuencia determinantes; por ello no se puede trabajar con el suelo como una materia prima ordinaria.
- La edificación no depende de un protagonista único, sino que depende al menos de tres (en la cadena de valor clásica): un promotor, un contratista y un proyectista.
- La edificación está sometida a una legislación y una normativa muy compleja, al tratarse de un bien social, de enorme repercusión en el entorno, por lo cual la intervención administrativa es muy intensa.

Siempre se ha argumentado que todos estos factores inciden negativamente en los intentos de industrializar la construcción, pero llegados a este punto se debe resaltar el hecho de que tales argumentaciones asumen implícitamente la producción en masa como único sistema productivo posible (por ser absolutamente desconocidos o ignorados dentro del sector el resto de planteamientos), así como un enorme arraigo a las técnicas, materiales y procedimientos constructivos tradicionales o convencionales, basados en la dualidad proyecto-obra con toda una cadena de agentes involucrados (promotor + proyectista + constructor + usuario), como único eje motriz viable para todo proceso edificatorio real.

Desde otros sectores industriales se han adoptado modelos productivos que se pueden configurar alrededor de los paradigmas desarrollados por la investigación en los últimos años (sistemas de producción ajustada, sistemas de fabricación flexible, producción ágil), partiendo de la realidad de un entorno mundial caracterizado como "turbulento" y "complejo", que está dando paso a una nueva era de los negocios, y que adopta el cambio como una de sus principales variables de trabajo, dando lugar a áreas de notable interés en los estudios sobre estrategias de fabricación y modelos productivos. Algunos de estos modelos se postulan como la condición necesaria para competir en el futuro, y todos ellos implican la revisión de los tradicionales principios organizativos originados en tiempos de la hegemonía de la producción en masa, considerados en la actualidad inadecuados.



Escenario actual

[Figura 1: Impacto urbano]

Algunos datos demográficos:

- La población mundial pasará de los 6.000 millones actuales a 10.000 millones antes del año 2050, causando un impacto ambiental ocho veces superior al actual.
- La mitad de la población mundial vive en ciudades. Las ciudades se han convertido en los principales focos de contaminación y residuos.

Más datos (Fuente: El desarrollo sostenible: una propuesta que crece en la construcción www.otua.org – Office Technique pour l'utilisation de l'acier):

- El 50% de todos los recursos mundiales se destinan a la construcción.
- El 45% de la energía generada se utiliza para calentar, iluminar y ventilar edificios.
- El 40% del uso global del agua es para la construcción.
- El 60% de la mejor tierra cultivable que deja de utilizarse para la agricultura se utiliza para la construcción.
- El 50% del calentamiento mundial lo produce el consumo de combustible fósil utilizado en los edificios.
- Sólo en 2.7% del agua consumida por persona al día es para beber.
- El 25% de la población consume el 75% de los recursos.
- El 20% de la población más desfavorecida consume apenas el 1% de los recursos.

En los nuevos territorios urbanos, el barrio se transforma exclusivamente en zona residencial. A causa de la separación física de las funciones en la ciudad, el espacio de uso cotidiano se expande a una escala de kilómetros supeditados al coche: **Esta forma de proceder, multiplica el consumo de suelo, de energía y materiales.**

Otras características de la edificación convencional:

- Elevados niveles de siniestralidad laboral.
- Los materiales no son aprovechables para su reutilización ni reciclaje.
- Ejecución lenta con altos consumos de recursos y energía.

Por otro lado, la vivienda pasa de ser un bien de uso y primera necesidad a inversión especulativa de primera línea. Como dato más significativo en los últimos tiempos, en el Estado español se construyen en el año 2005, 800.000 viviendas, más viviendas que en Francia, Alemania y Gran Bretaña juntas que tienen cuatro veces más población y mucho mayor crecimiento demográfico.

La Carta de Aalborg, aprobada por los participantes en la Conferencia europea sobre CIUDADES SOSTENIBLES, celebrada en Dinamarca en 1994, sienta las bases del entendimiento escalar de los problemas de insostenibilidad del planeta:

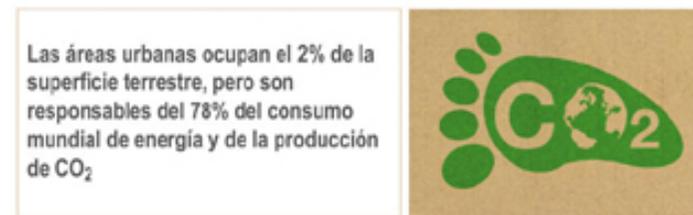
Comprendemos que nuestro actual modo de vida urbano, en particular nuestras estructuras de división del trabajo y de las funciones, la ocupación del suelo, el transporte, la producción industrial, la agricultura, el consumo y las actividades de ocio, y por tanto nuestro nivel de vida, nos hace especialmente responsables de muchos problemas ambientales a los que se enfrenta la humanidad. Este hecho es especialmente significativo si se tiene en cuenta que el 80% de la población europea vive en zonas urbanas.

"Nosotras, ciudades, estamos convencidas de que la ciudad es, a la vez, la mayor entidad capaz de abordar inicialmente los numerosos desequilibrios arquitectónicos, sociales, económicos, políticos, ambientales y de recursos naturales que afectan al mundo moderno y la unidad más pequeña en la que los problemas pueden ser debidamente resueltos de manera integrada, holística y sostenible."

Si se plantea seriamente la premisa de que "En un momento en el que casi todo es posible, es necesario hacer lo más razonable" (ver Figura 1), no cabe duda que se debe hacer frente a la siguiente lista de necesidades:

- Valorizar y reciclar materiales de construcción.
- Mejorar la eficiencia energética.
- Reducir la siniestralidad laboral.
- Disminuir impactos en el entorno construido.
- Mejorar la productividad y la competitividad en el sector de la construcción.

Para todo ello será necesario incidir en el necesario compromiso entre los altos niveles de productividad propios de la industria, que solucionaría los problemas relacionados con la seguridad, la calidad y el coste del producto vivienda y los necesarios factores de sostenibilidad indiscutibles en cualquier planteamiento serio y realista de la situación (ver Figura 2).



Factores de Productividad en la industrialización de la construcción

La industria manufacturera en

[Figura 2: Productividad y sostenibilidad como factores esenciales para el cambio en la construcción]



Occidente no parece estar en su mejor momento y, sin embargo, la necesidad de refundar una economía que no esté tan fuertemente basada en los servicios (que no contribuyen a crear riqueza en situaciones difíciles, sino que la absorben cuando ésta existe), está aumentando el interés por reinventar la manufactura. Una Industria Inteligente, más eficiente, más innovadora, que desarrolle productos de formas más ágiles, sacando el máximo partido de las tecnologías de cada momento (Infonomía; Industria 3.0). Es en este contexto en el que la nueva industria de la construcción cobra todo su sentido.

Sin pretender se exhaustivos pero sin perder rigor en las afirmaciones, se pueden agrupar y visualizar las tendencias sobre estrategias de fabricación y modelos productivos en un sistema cartesiano cuyo avance en las coordenadas horizontales supone un progresivo aumento en la complejidad de los distintos productos en los mercados actuales y sus coordenadas verticales los niveles de turbulencia presentes en los citados mercados.

Así, en la ilustración anterior y a lo largo de la bisectriz del primer cuadrante, se avanza desde un primer estadio de producción en masa, con productos poco complejos y mercados estables, que posteriormente evoluciona hacia la producción ajustada en una búsqueda de la optimización global del sistema y que inevitablemente sigue avanzando hacia los sistemas de producción que se enmarcan dentro del paradigma de la "fabricación ágil", con productos complejos y gran inestabilidad de mercados, que teóricamente son los únicos capaces de operar en tales entornos cambiantes.

De todos ellos el enfoque hacia la personalización en masa ("mass customization"), postula que la tecnología actual puede permitir la individualización y personalización los productos de tal forma que puedan ser comercializados a costes de producción en masa.

A diferencia de la construcción tradicional o convencional y dadas las especiales características de los productos y los procesos de integración, objeto de la construcción industrializada por componentes, es decir los edificios industrializados o las viviendas que conviven un mismo bloque de prestaciones, se ha identificado el citado enfoque como la tendencia a seguir en este sector emergente.

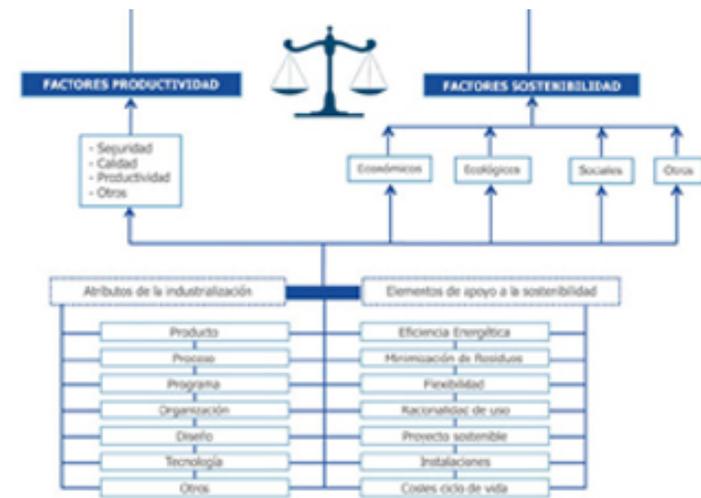
Así, la complejidad que presentan los edificios con sus prestaciones y requisitos asociados (tanto impuestos por la normativa, como exigidos por el consumidor) sigue una tendencia creciente de previsible continuidad en un futuro.

Por otro lado, los niveles de turbulencia en el mercado, que sin bien son comunes en el entorno genérico, desde un punto de vista más específico el producto "edificio" presenta características que no comparte con otros bienes de consumo, que son mucho más cambiantes y volátiles. Este hecho supone una enorme ventaja para la adopción de la personalización en masa como paradigma de sistema productivo en la construcción de edificios, a través de una nueva cadena de valor en la que el industrial debe jugar un papel central, y que es el fundamento de la presente propuesta de evolución en la forma de construir.

Sin pretender se exhaustivos pero sin perder rigor en las afirmaciones, se pueden agrupar y visualizar las tendencias sobre estrategias de fabricación y modelos productivos en un sistema cartesiano cuyo avance en las coordenadas horizontales supone un progresivo aumento en la complejidad de los distintos productos en los mercados actuales y sus coordenadas verticales los niveles de turbulencia presentes en los citados mercados (ver Figura 3).

Un sencillo análisis del posicionamiento estratégico en cuestiones de modelo y sistema productivo, como el anterior, sitúa de forma natural unas coordenadas que apuntan claramente hacia la personalización en masa como marco unificador de un nuevo sector de construcción industrializada y sostenible basada en componentes.

Partiendo del concepto de industria como "el conjunto de procesos y actividades que tienen como finalidad transformar las materias primas en productos elaborados, en cantidad, calidad y coste esperado", en los siguientes apartados se realiza una revisión de sus tres elementos constitutivos (producto + proceso + programa de producción; ver Figura 3) esenciales para cualquier organización industrial verdadera, en el contexto del nuevo sector: la construcción industrializada y sostenible.



El producto

(9) El proyecto de un edificio industrializado deberá buscar siempre la racionalidad técnica en la construcción del soporte, con el aprovechamiento de toda la superficie posible de forma flexible y versátil, es decir, sin distinguir estrictamente la compartimentación, buscando también racionalizar las cuestiones energéticas mediante una combinación de fuentes de energías que cubran las diferentes necesidades de la vivienda en función de la calidad de la energía demandada en cada caso. El núcleo o los núcleos de accesos y servicios junto con las amplias bandas paralelas a las fachadas, son el objetivo del proyecto y forman un soporte sobre el cual se dibujarán las ocupaciones concretas según las necesidades de cada usuario.

El tipo estructural será ordenado y se someterá únicamente a los objetivos de crear el máximo espacio útil y de limitar tan poco como se pueda las compartimentaciones posteriores. La fachada,

[Figura 3: Ingredientes para una organización industrial: producto, proceso y programa de producción]



preferiblemente de módulo relativamente reducido, permitirá una libre disposición de los tabiques. Ningún elemento especial deberá condicionar las fachadas de tal forma que estas no proyecten hacia el exterior distribuciones interiores preconcebidas, manteniendo un carácter neutro.

Las instalaciones se resolverán planteando unos núcleos (pasos de cables, tubos y conductos) verticales comunes, claros y accesibles, que permitan su revisión, reforma y sustitución, así como cualquier otra operación de mantenimiento. Los pavimentos y los techos registrables serán las soluciones que permitirán el tendido de las instalaciones de cables, tubos y conductos según las necesidades de cada ocupante.

El proyecto será el de una planta completa (repetición en altura) y su calidad será valorada en función de su capacidad para generar muchas y buenas distribuciones interiores.

Probablemente, en la mayor parte de los casos, sólo será necesario un buen diseño del espacio global de la casa, una fachada poco diferenciada y un pavimento continuo debajo de los tabiques para que una mayor diversidad de formas de ocupación sea posible.

Por otro lado y siguiendo la distinción (muy simplificada) entre "soporte" (Habracken)(14), en el sentido de componentes estructurales e infraestructurales de carácter básico y fijo sobre los cuales a los usuarios no se les da ninguna capacidad de modificación y cambio, de las "unidades separables" en el sentido de aquellos elementos de la vivienda sobre los que si tienen plena capacidad de adaptación según gustos y deseos, podremos hablar de la existencia de dos momentos constructivos o fases que surgen como consecuencia de tales definiciones:

Inicialmente, el promotor construirá un edificio que tendrá perfectamente acabados todos los elementos comunes, la estructura, la fachada, los accesos, las instalaciones generales (posiblemente lo más interesante sea dejar simplemente previstas las instalaciones de climatización e incluso las de calefacción).

En cada espacio el ocupante emprenderá una segunda etapa constructiva en la cual dispondrá compartimentaciones, acabados e instalaciones perfectamente adecuadas a sus objetivos y posibilidades económicas.

Este segundo momento se podrá repetir a lo largo de la historia del edificio, cada vez que las necesidades o las posibilidades de los ocupantes cambien.

Nos hacemos eco en este punto de las conclusiones del arquitecto Ignacio Paricio(9) en el capítulo 8 de su libro "La vivienda contemporánea; programa y tecnología" (2004), que reproducimos a continuación:

"En nuestros días, la previsible mejora de las condiciones económicas de los ocupantes (de las viviendas), sólo podrá incidir en el amueblamiento, en algún equipamiento móvil y en las clásicas mejoras de cocina y baño, que difícilmente pasan de los azulejos. La escasa inversión inicial se habrá diluido en aspectos representativos de la fachada o de los accesos, en el comprimido dibujo de los tabiques o en unos muebles de cocina de vida previsiblemente corta. Las imprevisiones de diseño de una vivienda "acabada" dificultarán las mejoras, en aspectos como la incorporación de aire acondicionado, la opción para una cocina-comedor o la sustitución del tendedero por el secado mecánico para acceder a una mejor vista desde la cocina. Nuestra propuesta se orienta, pues, hacia una vivienda, en cierta manera, "inacabada". Una casa en la que la inversión inicial, siempre limitada, se dedica a conseguir toda la superficie posible, una localización urbana adecuada y unos elementos comunes de la mejor calidad posible. Pero los elementos domésticos se pueden reducir tanto en cantidad como en calidad. El equipamiento sanitario, los elementos de compartimentación, el equipo de refrigeración y, también el de calefacción se pueden instalar o mejorar con el tiempo.

Este planteamiento exige dos condiciones previas:

- **Un proyecto previsor, en el que se hayan contemplado las medidas necesarias para hacer posible una gran cantidad de variaciones o de mejoras posteriores.**
- **Una oferta de equipos prefabricados y constructores de elementos secundarios que permitan mejorar las casas con unos costes razonables.**

Una propuesta de este tipo quizás no incidirá inmediatamente en el precio de unas viviendas, a las cuales ponen precio las leyes del mercado y el coste del suelo. Pero los elementos prescindibles de una vivienda podrían sumar más del 30% del coste de construcción. Con estas cifras un proceso como el referido podría asegurar en cada momento las relaciones entre el coste y la calidad deseada por el ocupante."

Todo lo anterior refuerza la idea, que plantea Richard Bender(10) en su libro "Una visión de la construcción industrializada" (1976), de intentar superar la enorme barrera que ha supuesto siempre para la industrialización de la construcción de viviendas el planteamiento de ¿cómo construir? antes de haber definido ¿qué construir?, apresurándose a aplicar nuevas tecnologías a la producción de formas anticuadas, utilizando las técnicas, organizaciones, herramientas y el recurso a la automatización, junto con la planificación, diseño e investigación más avanzados para construir con mayor rapidez y a más bajo costo viviendas anticuadas.

A pesar del tiempo transcurrido desde tales afirmaciones (más de 30 años), compartimos su vigencia en el hecho de que no se podrá obtener el máximo rendimiento de la tecnología de fabricación actual, hasta que producto y proceso evolucionen de tal forma que ambos conceptos sean entendidos y adaptados el uno al otro.

En este sentido, la idea de construir un edificio inconcluso (desde la óptica de las visiones convencionales y tradicionales de la vivienda) a modo de "soporte sin compartimentar", considerando como tal el espacio global, su perímetro y su relación con los accesos y con los demás elementos comunes (estructura e instalaciones) siendo este el objeto directo de la propuesta, dibujando consecuentemente como proyecto los planos específicos de estos elementos para evidenciar la racionalidad de la misma más allá de una compartimentación concreta, puede ser un buen intento para aproximar la necesaria concurrencia entre las visiones propias y muchas veces contrapuestas del desarrollo de producto, la producción del mismo, el mantenimiento y el uso durante toda la vida útil del edificio, cuyas tensiones siempre han supuesto un freno para la industrialización del sector.

La progresiva implantación de este cambio de concepto puede ser la vía que propicie grandes mejoras en la construcción de edificios, análogamente a lo que ha sucedido en los sectores más industrializados de nuestro tiempo.



El proceso

[Figura 4: Productividad en dos actividades profesionales contemporáneas]

Los procesos constructivos son manuales en su práctica totalidad incluso en los países europeos con mayor tradición en el uso del acero (en sustitución del hormigón) para edificación.

El deseo de los países más desarrollados es que en el sector de la construcción se desarrollen tecnologías, sistemas y procesos constructivos más innovadores y competitivos que permitan garantizar mayores niveles de calidad y seguridad en la construcción, así como la mejora de la competitividad general del sector a través de su modernización y tecnificación.

En la Figura 4 se presenta gráficamente el contraste entre la forma de proceder en una escuela de aprendices del oficio de la construcción y el cambio de neumáticos por parte del equipo de mecánicos de un F1; salta a la vista el enorme contraste existente entre tales actividades, que conviven actualmente en distintos sectores. De igual forma se recoge la "hoja de ruta" que se sigue en la industria más avanzada para alcanzar mayores cotas de productividad, pasando por la calidad y cimentando todo ello previamente en la seguridad en el entorno de trabajo:

- Primero la SEGURIDAD.
- Se sigue con los programas de la CALIDAD.
- Una vez asegurados los niveles de seguridad y calidad adecuados se puede comenzar a hablar de PRODUCTIVIDAD.

Ante esta visión, resulta clave la industrialización y automatización de los procesos de producción, montaje y desmontaje de los edificios (ver Figura 5). A nivel europeo existen en la actualidad varias iniciativas en relación con la industrialización de la construcción, que aspiran a proporcionar soluciones para una industrialización abierta para la edificación.

En la introducción al marco general de trabajo realizada anteriormente se resaltó el especial énfasis de las empresas por volverse especialistas en un número reducido de áreas de destacado interés y complementar su oferta con acuerdos de cooperación con proveedores, clientes o incluso competidores con un claro enfoque hacia una gestión por proyectos donde cada compañía pueda diferenciarse gracias a su especialización, sin quedar por ello relegada a ser un mero suministrador en el conjunto del negocio o cadena de valor, buscando un beneficio o una diferenciación adicional gracias a las sinergias generadas por la cooperación.

Por último, de forma coherente con todo lo anterior y como telón de fondo de todo el proceso se encuentra el trinomio reciclar-recuperar-reutilizar aplicado a todos los componentes del edificio, lo cual apunta hacia la utilización de elementos diseñados y fabricados bajo los principios de la superposición de capas y de la utilización de sistemas constructivos proyectados para ser desmontables.

Todo ello apunta a la existencia de una organización industrial que no se puede dejar al azar, ni improvisar sobre la marcha, que necesita la definición de un ciclo constructivo con carácter reversible. En este punto se deben de poner sobre la mesa los problemas de las uniones y las juntas con su carácter más o menos universal que son las que finalmente confieren el carácter de desmontable al sistema, y que permite un estudio detallado del proceso de montaje y desmontaje.

Puede resultar de interés partir del estado actual de conocimientos en la construcción de edificios de gran altura (5), donde el citado ciclo constructivo alrededor del núcleo de comunicaciones y servicios, es una de sus características más definitorias y diferenciadoras en relación a los procesos seguidos en la construcción convencional.

Además, si se considera el tiempo como una variable significativa tanto en los procesos de construcción como en los de deconstrucción, cabe esperar la proliferación de las estructuras metálicas y el desarrollo de más componentes base acero.

El programa de producción y la logística asociada

[Figura 5: Comparativa entre la evolución del producto y los procesos productivos]

Si con el producto definimos el ¿qué? Construir, y con el proceso el ¿cómo? construir, queda pendiente la definición del ¿cuánto? y ¿cuándo? construir.

(13) Cuando un sistema es cerrado, los elementos se fabrican a medida para una obra concreta, no cumpliendo otros requisitos que la especificación del proyecto, para el que se solicitan y normalmente no vuelven a usarse en otra construcción, a no ser que sea un sistema mecano que emplea otros elementos de catálogo propio.

Por el contrario, si el sistema constructivo se presenta como un mercado abierto, comprendiendo un cierto número de componentes compatibles entre ellos, que constituyen su "material", y unas reglas



que aseguren esa compatibilidad interna, entonces estaremos hablando de un sistema abierto. Haciendo un símil informático podemos decir que en estos sistemas los componentes son el "hardware" y las reglas o parte logística sería el "software".

Es preciso, para que un sistema constructivo pertenezca al mercado del conjunto de la industrialización abierta, que su logística se sitúe dentro de las condiciones generales de compatibilidad. Esta condición se encuentra satisfecha con facilidad, ya que todavía no existen algunas de las reglas generales, principalmente las de ensamblaje. Sin embargo, esta facilidad actual constituye un peligro no despreciable para el futuro, puesto que se corre el riesgo de aceptar sistemas constructivos que no serán mas tarde perfectamente compatibles entre ellos.

El problema raíz del sistema abierto está en la fabricación de componentes, y esto es una tarea difícil y complicada que debe ser dirigida por la Administración, asegurando a través de normativa los factores de normalización y de calidad. Pero no es un problema irresoluble, y además permite una evolución natural del mercado, con lo que gradualmente los técnicos van familiarizándose con productos nuevos, que se introducen en el mercado a medida que lo requieran las necesidades del sector.

La ejecución de un edificio industrializado, proyectado según todos los criterios apuntados en los apartados anteriores y que utilice en su materialización física componentes, presenta unas particularidades que lo hacen muy diferente de otro tipo de edificios y construcciones.

Quizás la característica más llamativa, en relación a la construcción convencional, la marca el hecho de que las distancias horizontales y verticales, deben seguir los requisitos de coordinación dimensional que posibilitan la necesaria compatibilidad entre componentes, moviéndose en una serie de valores discretos que modulan el proyecto y que hacen posible el hecho de la industrialización, realizando la mayor parte del trabajo de construcción en taller o en fábrica, reservando el trabajo en obra a labores de montaje (ensamblaje e izado).

El conjunto del edificio, junto con su estructura resistente, empieza por entrar en la obra a cota de calle, en espera a ser elevado a su posición.

Es por ello que la construcción de estos edificios queda marcada por dos cuestiones fundamentales:

- La organización del espacio disponible en planta, para poder proceder al ensamblado de los distintos componentes, siendo imprescindible realizar y disponer de los correspondientes planos de implantación (*Plot-Plan* y *Lay-Out Plan*), que posibiliten la organización de todos los efectivos y medios de montaje.
- El transporte vertical, de tal forma que la correcta ordenación del mismo, supondrá una de las claves del éxito o bien la causa de trastornos, obstáculos y retrasos.

A su vez, cabe esperar el hecho de que el proceso constructivo de un edificio industrializado tenga algo de repetitivo y predecible, pudiendo entonces hablar de un deseable ciclo de construcción que se repita una y otra vez hasta la finalización del mismo.

Por último, no se puede olvidar que todo ello debe coordinarse con la necesaria consideración de un proceso de logística integral que culmine con el transporte de las Unidades Constructivas hasta cada obra, según una secuencia temporal que minimice la ocupación del espacio en planta.

En definitiva, la organización del espacio, el transporte vertical, la identificación del ciclo tipo y la logística, constituyen los cuatro ingredientes esenciales de la construcción de un edificio industrializado por componentes compatibles bidimensionales y tridimensionales, los cuales hacen específico este tipo de construcción, pudiendo hablar de un sistema constructivo propio, para el cual se realiza una propuesta de aproximación en el presente trabajo.

Por último, se debe delimitar conceptualmente el sistema logístico asociado a la construcción industrializada mediante componentes compatibles en régimen abierto, como soporte de todo lo anterior.

Un sistema logístico está formado por diferentes unidades logísticas que se relacionan entre sí, en los últimos años este tipo de sistemas complejos se han venido conociendo con el nombre de "*Supply Chains*" asistiendo al fenómeno de que ya no son las empresas productoras las que compiten entre sí, sino las redes de distribución entrando de lleno en el mundo de las Corporaciones Virtuales, contexto en el que se debe desarrollar el nuevo sector de la construcción por componentes compatibles bajo el enfoque de Empresa Extendida que coopera en red.

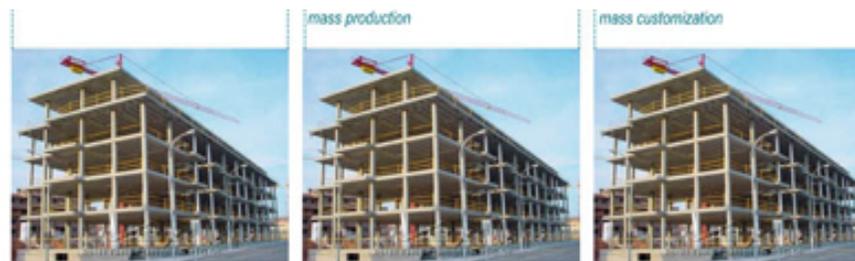
La mayoría de estas organizaciones dependen de un conjunto de suministradores, recursos de transporte, fábricas y almacenes para el correcto funcionamiento de sus redes. Como consecuencia del uso combinado de empresas propias y empresas externas, es a menudo difícil conocer el impacto de los cambios o las vías de actuación para mejorar el comportamiento de las redes. Por ello es necesario disponer de herramientas para la ayuda a la planificación estratégica, táctica y operacional.

Factores de sostenibilidad en la industrialización de la construcción

[Figura 6: Factores de sostenibilidad]

La sociedad podría cuadruplicar su productividad sin consumir más recursos a través de tecnologías más eficientes, un mayor uso del reciclaje y una mejor gestión y diseño.

Informe sobre *Nuestro futuro común* (1987-1988) coordinado por Gro Harlem Brundtland en el marco de las Naciones Unidas, aparece el término desarrollo sostenible, entendiendo por tal aquel que



1900-2010. Fabricación artesanal.

Disminuir impacto en el entorno

Eficiencia energética

Productividad y

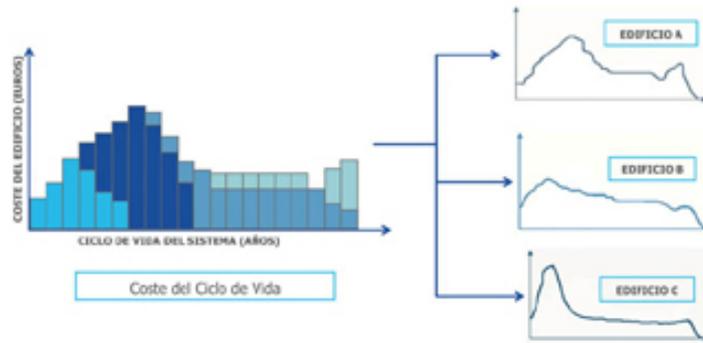
idad



permite "satisfacer nuestras necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas".

El éxito de la nueva terminología se debió en buena medida al halo de ambigüedad que la acompaña: se trata de enunciar un deseo tan general como el antes indicado sin precisar mucho su contenido ni el modo de llevarlo a la práctica. Podía ser aceptado sin recelos al confundirse con el desarrollo autosostenido (*self sustained growth*). Se trata de un término mediador diseñado para tender un puente sobre el espacio que separa a los desarrollistas de los ambientalistas.

Se están multiplicando últimamente las críticas a la mencionada ambigüedad conceptual, solicitando cada vez con más fuerza la búsqueda de precisiones que hagan operativo su uso (ver Figura 6).



Factores económicos

Todo el mundo parece estar de acuerdo en que el coste de la vivienda es desorbitado en relación a otros productos con los que convivimos todos los días.

También es cierto que cuando alguien compra un automóvil, la primera pregunta que se formula es, sin duda, ¿cuánto cuesta? pero la segunda siempre es, ¿cuánto consume? Esta segunda pregunta no suele existir en relación a la vivienda.

A menudo el coste total del edificio no es visible, en particular aquellos costes asociados con la operación y mantenimiento del mismo. El problema de visibilidad del coste se debe al efecto "iceberg", donde sólo una parte del coste total, normalmente el coste de adquisición de la vivienda es visible.

Una posible causa de este problema de visibilidad es que el proyecto tradicional (obligatorio) se ha centrado principalmente en la fase de adquisición del ciclo de vida. El presupuesto como documento N°4 del proyecto, tras la memoria, los planos y el pliego de condiciones, con su desglose en mediciones, cuadros de precios, presupuesto general y resumen, sólo contempla los costes necesarios para la construcción del edificio.

Sin embargo, la experiencia reciente indica que no puede obtenerse un producto o sistema adecuadamente coordinado y operado, y que sea competitivo en el mercado, mediante acciones aplicadas mucho después de haber sido concebido.

Por tanto, es esencial que los proyectistas contemplen la viabilidad operativa durante las primeras etapas del desarrollo del producto y que asuman la responsabilidad del cálculo del coste del ciclo de vida, tan ignorado en el pasado. Este análisis implica un método secuencial que emplea los valores relevantes del coste del ciclo de vida como criterios para alcanzar un diseño apto desde el punto de vista de coste-efectividad.

A menudo, un diseño "bueno" para cumplir la función principal de un producto trae consigo efectos secundarios en forma de problemas operativos. Ello se debe a una consideración exclusiva de la función principal, en lugar de abordar el problema más exigente del diseño que satisfaga las numerosas "ilidades" (valga el vocablo para referirse a fiabilidad, mantenibilidad, soportabilidad, eliminabilidad, etc.).

Se dispone de un conocimiento especializado suficiente para resolver este problema. La dificultad está en la sistematización del uso integrado de lo que se conoce.

[Figura 7: El coste del ciclo de vida y los perfiles de costes asociados a las distintas alternativas de diseño del sistema EDIFICIO]

Para evitar el efecto "iceberg", los estudios de viabilidad económica deben abordar todos los aspectos del coste del ciclo de vida. La tendencia actual del aumento del coste, junto con los problemas adicionales ya enunciados, ha conducido a una falta de efectividad en el uso de recursos valiosos. Se han desarrollado sistemas y productos que no son aptos desde el punto de vista de coste-efectividad. Se puede anticipar que estas condiciones empeorarán, a menos que los proyectistas de sistemas y de diseño asuman un mayor grado de consideración de los costes; **(15)**.

Existen muchas decisiones y acciones, tanto técnicas como no técnicas, que se deben adoptar a lo largo del ciclo de vida del producto o sistema. La mayoría de las acciones, particularmente las que corresponden a las primeras fases, tienen implicaciones en el ciclo de vida e influyen en gran medida sobre su coste. La base del cálculo del coste del ciclo de vida está constituida por el propio concepto del ciclo de vida, adaptado al sistema específico que se diseña y desarrolla.

El perfil de coste del edificio (o vivienda), representa una estimación presupuestaria de las necesidades futuras de recursos, tomando en consideración los costes, para cada una de las cuatro fases en las que se propone dividir su ciclo de vida:

1. Coste en fase proyecto.
2. Coste en fase construcción.
3. Coste en fase de operación y mantenimiento.
4. Coste en fase de deconstrucción.

En la Figura nº7 se muestra como este perfil de costes evoluciona y se modifica a lo largo del tiempo, dependiendo asimismo del tipo de construcción o edificio que se proyecta, lo cual debería repercutir de forma importante en el precio total del mismo.

Factores ecológicos

La actividad constructora satisface necesidades básicas y constituye un reflejo del grado de desarrollo de un país. No obstante, dado que es una labor que consume gran cantidad de recursos naturales, debe eliminarse o minimizarse la incidencia que ésta ejerce sobre el planeta y el entorno, habida cuenta de los problemas derivados de la actividad humana durante éstos últimos años (emisiones de CO₂, deforestación, etc...) y que parece que pueden poner en riesgo nuestro crecimiento futuro.

En la actualidad el crecimiento de las ciudades y ya construcción de edificios genera un gran volumen de residuos e impactos medioambientales, por lo que la creciente exigencia de una evolución más respetuosa con el medio ambiente conlleva cambios importantes en el empleo de materiales y en los procesos constructivos. Por todo lo anterior, resulta esencial hoy en día el conocimiento de nuevos recursos y el desarrollo de nuevas técnicas que permitan prolongar o incluso cerrar el ciclo de vida de las construcciones y reparar los daños sobre el entorno que originen durante el mismo.

Factores sociales

[Figura 8: Indicadores de accidentes en el sector de la construcción]

El concepto de Sistemas Abiertos supone la evolución de la industria de la edificación y su relación con el logro de dos importantes objetivos de marcado carácter social [W104 Open Building (Tecnalia)]:

- Un parque de edificios más adaptables y, por tanto, sostenibles.
- Procesos de diseño y construcción centrados en el usuario.

Consustancial con lo anterior se encuentran los objetivos de aumento de la calidad y la reducción de costes, que deben alcanzar niveles análogos a los presentes en otros productos y sectores industriales.

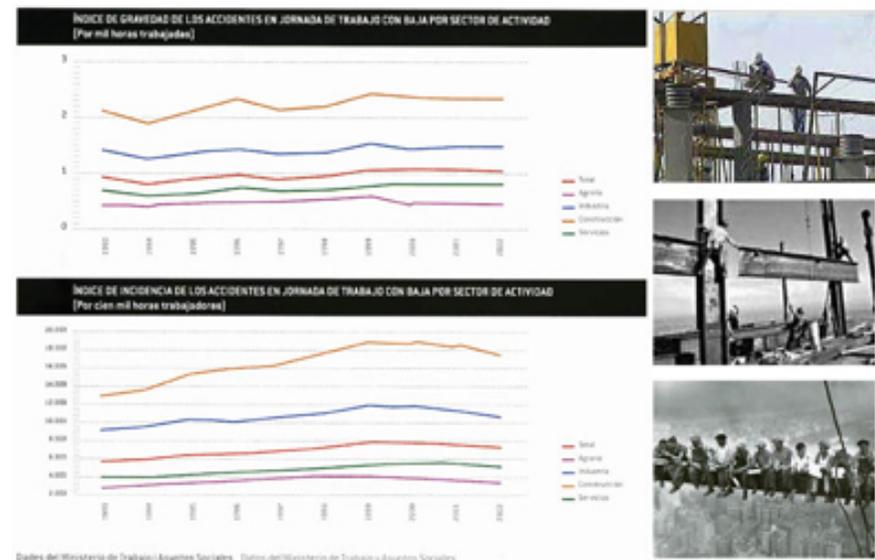
Estas ideas a veces apuntadas en edificios de oficinas y centros comerciales, se están empezando a implementar de forma significativa en toda Europa tanto en edificios de asistencia sanitaria como en edificación residencial.

Bajo el concepto "abierto", en una primera fase, se construye un "edificio soporte" con el que se resuelve la infraestructura principal, el diseño arquitectónico y urbano y los espacios comunes y de circulación (ver también consideraciones sobre el producto en el apartado 3.1).

Estos edificios "abiertos o adaptables" se acondicionan inicialmente de tal forma que permitan que el usuario tenga la posibilidad de adaptarlo "de puertas adentro" a sus preferencias individuales y cambiantes.

Además, la concepción abierta permite considerar el edificio como una construcción preparada para evolucionar, no inmutable, susceptible de incluir nuevos desarrollos tecnológicos para mejorar sus prestaciones a lo largo de su vida útil.

Este aspecto es el esencial para conseguir edificios con más vida útil, con una mejora continua de sus prestaciones a lo largo de la misma, proyectados para su deconstrucción y, por tanto, más sostenibles.



Por último reseñar el enorme coste social que supone el tema de la falta de seguridad en el sector, consecuencia del enfoque de construir todo el edificio en obra, a partir del tendido y unión de materiales; la Figura 8 denuncia con indicadores la situación actual.

Una propuesta: La industrialización sostenible

[Figura 9: Propuesta de trabajo: la industrialización sostenible del sector de la construcción]

En definitiva, la construcción industrializada no es sólo una forma diferente de construir que se lleva a cabo con un modo de producción convencional, sino que va más allá. Puesto que el entorno de la industrialización es diferente hemos abordado en este artículo el estudio específico de los requerimientos particulares en lugar del análisis superficial, así como la diversificación de las técnicas (a diferencia del método convencional de construcción que es prácticamente único), y las nuevas funciones de quienes participan en el proceso (técnicos, industriales, constructores) ya que son sus rasgos conceptuales más distintivos.

A modo de síntesis de todo lo expuesto, se plantea la necesidad de un nuevo contexto técnico y productivo en el que se debe desarrollar la construcción industrializada, con la finalidad de sugerir las acciones que impulsen la mejora de sus resultados finales.

Asimismo también se quiere reseñar el hecho de las enormes posibilidades que implica a nivel económico, puesto que este nuevo nicho de mercado permitirá la integración en la cadena de valor de distintos sectores industriales tradicionales (como es el caso de Asturias), permitiendo y motivando la diversificación de sus actividades actuales mediante el diseño y desarrollo de nuevos productos de uso específico en la construcción de edificios y, por último, permitiendo la internacionalización de productos, procesos y servicios en esta actividad.

Conscientes de este hecho, y de la importancia que supone por tanto para la industria Asturiana en particular, y Española en general, desde la Asociación Empresarial para la Industrialización de la Construcción en Asturias, estamos divulgando y potenciando los beneficios de esta nueva forma de construir: La industrialización Sostenible (ver Figura 9).

Finalizamos con una serie de cuestiones planteadas, a modo de preguntas para la reflexión, durante la ponencia realizada por los autores en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, con objeto de la celebración del encuentro: ¿De quién es la iniciativa?: Experiencias innovadores para una economía sostenible (6 de septiembre de 2010).

- Necesitamos reducir el coste económico: ¿y en la construcción?: aumento continuo de los principales ratios en la relación coste vivienda/salarios y del coste mensual por vivienda/ingresos.
- Necesitamos reducir el coste energético: ¿y en la construcción?: porcentajes en el entorno del 50% en todos los indicadores de consumo energético global.
- Necesitamos reducir el coste social: ¿y en la construcción?: los porcentajes más altos los índices de incidencia y gravedad de los accidentes en jornada de trabajo con baja por sector de actividad.
- Si aspiramos a la libertad: ¿por qué nos conformamos siempre con el mismo producto en la construcción?.
- Si aspiramos a la inmediatez: ¿por qué los procesos productivos son tan largos?.
- Si aspiramos a la calidad: ¿por qué en construcción la calidad de las partes no contribuye a la calidad del conjunto?.
- Si aspiramos al medio ambiente: ¿por qué permitimos que en la construcción se consuman tantos recursos?.

Agradecimientos:

Los autores han tomado como punto de partida para la redacción del trabajo documentos base adoptados o desarrollados dentro del proyecto "La ciudad eco-tecno-lógica" (CETICA) habiendo sido uno de los 16 proyectos aprobados por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) en la tercera convocatoria del Programa CENIT, que forma parte del Programa Ingenio 2010.

De igual quieren agradecer el material desarrollado por todos los ponentes durante el curso de verano 2009 "La industrialización de la construcción"(Cód. 2008-99-CV-514-1); Vicerrectorado de Extensión Universitaria, Cultura y Deportes de la Universidad de Oviedo.

Finalmente, también quieren poner de relieve el apoyo del Área de Ingeniería de la Construcción de la Universidad de Oviedo para la realización de ensayos experimentales y el soporte computacional.

Bibliografía

- 1.- TECTUM; "Soportes para una construcción industrializada"; Proyecto CETICA; 25-02-08.
- 2.- ECOSISTEMA URBANO; "Vivienda industrializada / construcción modular / modelos de viviendas derivados"; Proyecto CETICA; 17-06-08.
- 3.- UNE 41604; "Construcción de edificios. Coordinación dimensional y modular. Principios y reglas"; AENOR; Noviembre, 1997.
- 4.- Heino Engel; "Sistemas de estructuras"; Editorial Gustavo Gili, S.A.; Barcelona, 2001.
- 5.- Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos; "Construcción de Edificios Altos"; Estructuras y Edificación, E-13; 2008.
- 6.- Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña; "Parámetros de sostenibilidad" ITEC; Barcelona, 2002.
- 7.- Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña; "La cubierta captadora en los edificios de viviendas"; ITEC; Barcelona, 2002.
- 8.- Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña; "Alternativas a la construcción convencional de viviendas"; ITEC; Barcelona, 2002.

"En un momento en el que casi todo es posible, es necesario hacer lo más razonable".



PROPUESTA:
La Industrialización Sostenible.

- 9.- Ignacio Paricio, Xavier Sust; "La vivienda contemporánea. Programa y tecnología"; ITEC; Barcelona, 2004.
- 10.- Richard Bender; "Una visión de la construcción industrializada"; Editorial Gustavo Gili, S.A.; Barcelona, 1976.
- 11.- Alfonso del Águila García; "La industrialización de la edificación de viviendas; Tomo 1: Sistemas"; Maira Libros; Madrid, 2006.
- 12.- Alfonso del Águila García; "La industrialización de la edificación de viviendas; Tomo 2: Componentes"; Maira Libros; Madrid, 2006.
- 13.- Boletín N°35 AVS; "La industrialización en la construcción"; Asociación de Promotores Públicos de Vivienda y Suelo de Madrid; Mayo 1995.
- 14.- N.J. Habraken et alt.; "El diseño de soportes"; Editorial Gustavo Gili, S.A.; Barcelona, 2000.
- 15.- Wolter J. Fabrycky.; "Análisis del coste del ciclo de vida de los sistemas"; ISDEFE; Madrid, 1997.
- 16.- Refabricating Architecture; " Refabricating Architecture "; McGraw-Hill; USA, 2004

Otros artículos relacionados con: [Construcción](#), [Desarrollo sostenible](#), [Economía](#)



Revista Ambienta <<Accesibilidad>>

© 2009