

Proyecto Cetica:

La ciudad Eco-Tecno-Lógica



Cetico project:
The Eco-Thecno-Logical city

• Faustino Obeso-Carrera
• María José Sánchez-Sánchez
• Ricardo Tucho-Alonso
• Leticia Zárate-Pastur

Ingeniero Industrial
Ingeniero de Caminos
Ingeniero Industrial
Licenciada en Física

Arcelor Mital
Arcelor Mital
Arcelor Mital
Arcelor Mital

Recibido: 14/07/08 • Aceptado: 22/09/08

ABSTRACT

• The objective of the project is to design and to develop new and advanced materials and constructive systems, based on steel, for a new model of building efficient echo energetically, inside a sustainable development with a clear orientation towards the final user.

The project will allow to industrialize the construction sector in a steel base, which a technological jump will suppose for the companies participants, providing them with aptitude to develop new products and processes of automatic manufacture for the obtaining of advanced solutions in the buildings and future cities; this technological development will be the base for a sustainable growth of the same ones. The steel, as ecological material (sustainable, recyclable and reusable), is compatible with the technologies of construction in factory, constituting an ally for the industrialized systems.

• **Key Words:** steel, sustainability, building, industrialization, new materials.

RESUMEN

El objetivo del proyecto es diseñar y desarrollar nuevos y avanzados materiales y sistemas constructivos, basados en acero, para un nuevo modelo de edificación eco-eficiente energéticamente, dentro de un desarrollo sostenible con una clara orientación hacia el usuario final.

El proyecto permitirá industrializar el sector de la construcción en base acero, lo cual supondrá un salto tecnológico para las empresas participantes, dotándolas de capacidad para desarrollar nuevos productos y procesos de fabricación automatizada 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. El acero, como material ecológico (sostenible, reciclable y reutilizable), es compatible con las técnicas de construcción en fábrica, constituyendo un aliado para los sistemas industrializados.

Palabras Clave: acero, sostenibilidad, edificación, industrialización, nuevos materiales.

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto "La ciudad eco-tecno-lógica" (CETICA) ha 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. La duración del proyecto es de tres años y medio, tuvo su inicio el pasado Julio de 2007 y su finalización está prevista para Diciembre 2010; cuenta con un presupuesto de 24,3 millones de euros

Se ha constituido un consorcio de 15 empresas y otros tantos organismos de investigación. Entre las empresas se encuentran fabricantes de acero (**ArcelorMittal**, como líder del consorcio), constructoras (**Acciona Infraestructuras**), desarrolladores e integradores de componentes constructivos (**Modultec**), suministradores de soluciones automatizadas para la fabricación en serie de componentes (**Ingemat**), desarrolladores y fabricantes de sistemas eléctrico-electrónicos (Grupo **Temper**) y nuevos sistemas basados en energías alternativas (**Acciona Energía Solar, Gas Natural**), desarrolladores de infraestructuras y servicios para sistemas de información y telecomunicaciones (**SATEC**) o de instrumentación y control para energías renovables (Grupo **Ingeteam**). Además el consorcio se ha reforzado con una agencia de desarrollo urbanístico (**Agencia de Ecología Urbana de Barcelona**), una empresa municipal de vivienda (**Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid**), un estudio de arquitectura (**Ecosistema Urbano Arquitectos**), una ingeniería especializada en construcción metálica (**TECTUM**), otra ingeniería especializada en diseño industrial y

simulación de productos y procesos complejos (AST) y una asociación para el desarrollo técnico de nuevos usos del acero (APTA).

Tanto las Universidades como los Centros Tecnológicos que participan en el proyecto poseen conocimientos clave para el éxito del mismo, una amplia experiencia de cooperación con las empresas del sector y la capacidad para abordar los retos tecnológicos propuestos: **Fundación ITMA, Labein, Fatronik, CEIT, CEDEX, CIEMAT, CENER, LITEC, CTIC, CIMNE-Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Universidad de Oviedo, Universidad Pública de Navarra, Fundación Agustín de Betancourt, Universidad Rey Juan Carlos y la Universidad Politécnica de Madrid.**

2. NECESIDAD DEL PROYECTO

La construcción es uno de los sectores más relevantes de la economía española por múltiples razones. De forma directa, su Valor Añadido Bruto representó en el 2006 más del 10,9 por 100 del PIB, del 13,9 por 100 del empleo y del 58,7 por 100 de la inversión, además de generar potentes efectos indirectos inducidos de arrastre sobre otros sectores económicos. Esta importante repercusión sobre el PIB nacional no se ha traducido, sin embargo, en una repercusión notoria ni sobre el tejido industrial, ni sobre las actividades investigadoras y de innovación relacionadas con el sector. La construcción se mantiene como una actividad tradicional, rígida, anclada en métodos y procesos que provocan notables impactos y que la hacen poco eficiente y poco sostenible desde los puntos de vista medioambiental, económico y social:

- Elevados costes de no calidad
- Altos índices de siniestralidad laboral
- Elevado nivel de residuos de edificación y demolición

El acero puede convertirse en el motor que revolucione tecnológicamente el sector de la construcción contribuyendo a la generación de nuevas actividades industriales que respondan a la búsqueda de alternativas tecnológicas más innovadoras y sostenibles que las soluciones tradicionales empleadas actualmente en edificación.

Esta alianza estratégica entre el acero y la construcción ha identificado los siguientes retos comunes para liderar un salto tecnológico que propicie la aparición de nuevos subsectores de fabricantes de componentes industrializados para la construcción basada en acero:

- Industrializar el sector de la construcción en base acero
- Aumentar el nivel tecnológico de las empresas de este sector
- Desarrollar nuevos componentes con alto valor añadido para la construcción
- Generar un nuevo tejido empresarial competitivo a nivel internacional
- Crear nichos de mercado alternativos y vías de diversificación profesional para actividades desarrolladas por sectores industriales maduros (sector automovilístico)
- Fomentar la creación de empleo de calidad mediante la aparición de nuevas oportunidades abiertas a las iniciativas emprendedoras en el sector industrial

• Reducir la alta siniestralidad laboral en la construcción a través de la ubicación de procesos de fabricación y montaje en entornos controlados, y de la disminución de tiempo de montaje en obra

• Mejorar la eficiencia energética en edificación mediante el desarrollo de nuevos componentes activos y pasivos

• Disminuir los impactos en el entorno construido, derivados de las actividades de construcción “in-situ” como ruidos, contaminación u ocupación del espacio público

• Disminuir el nivel de residuos de edificación y demolición

• Generar modelos urbanos ricos, estructurados, más sostenibles y orientados hacia las personas

Todos estos retos encajan dentro de las líneas estratégicas de la *Plataforma Tecnológica Española del Acero* (PLATEA) [2] y de la *Plataforma Tecnológica Europea del Acero* (ESTEP) [3]. Ambas Plataformas proponen en sus respectivas Agendas Estratégicas de Investigación (AEI), líneas de investigación estratégicas conjuntas para la industria del acero y el sector de la construcción, que coinciden con las propuestas en este proyecto. Asimismo, los objetivos del proyecto son también compartidos por las Plataformas Tecnológicas Europea y Española de la Construcción.

España ha dejado pasar una coyuntura económica extraordinaria en el sector de la construcción, sin obtener los beneficios lógicos derivados de un mercado interno tan potente. Es preciso, en la nueva coyuntura que se presenta, más desfavorable, la creación de estructuras más flexibles y adaptables a los cambios del sector y la generación de un entorno industrial fuerte con tecnología avanzada que aporte mayor valor añadido.

La participación de los sectores del acero y de la construcción garantiza el fuerte impacto del proyecto, que permitirá a nuestras empresas industriales mejorar su competitividad así como posicionarse ventajosamente en el ámbito internacional.

3. OBJETIVOS

El proyecto se divide en 4 grandes bloques:

3.1. MATERIALES (SOLUCIONES EN ACERO Y MULTIMATERIALES)

- Diseño y desarrollo de nuevos aceros y otros materiales basados en acero con altas prestaciones.

España ha dejado pasar una coyuntura económica extraordinaria en el sector de la construcción, sin obtener los beneficios lógicos derivados de un mercado interno tan potente

- Diseño y desarrollo de recubrimientos avanzados con capacidad de captación energética, con nuevas funcionalidades y alto valor añadido.

- Soluciones híbridas multimateriales soporte de los componentes y unidades constructivas. Uniones de elementos y unidades.

3.2. INDUSTRIALIZACION (COMPONENTES Y PROCESOS)

- Diseño de componentes constructivos y desarrollo de los procesos de fabricación (cadena de producción), que permitan industrializar la producción de componentes obteniendo Componentes Constructivos Industrializados basados en Acero (CIBAs).

- Diseño de la integración de componentes multimateriales con base acero en Unidades Constructivas Avanzadas (UCAs) que den valor añadido al producto como superficies con características especiales (autolimpiables o captadoras de energía), sensores y otros de instrumentación soporte de la inteligencia ambiental orientada al usuario

- Desarrollo de metodologías para universalizar y sistematizar la construcción en campo, permitiendo la mejora tanto de la nueva construcción, como la adición de nuevos elementos en el futuro que permitan reducir los tiempos de montaje en obra y por ello reducir la siniestralidad laboral, optimizando la cadena de suministro..

- Diseño de rehabilitación en entornos urbanos, con nuevas soluciones basadas en acero, de fácil reciclado y reutilización.

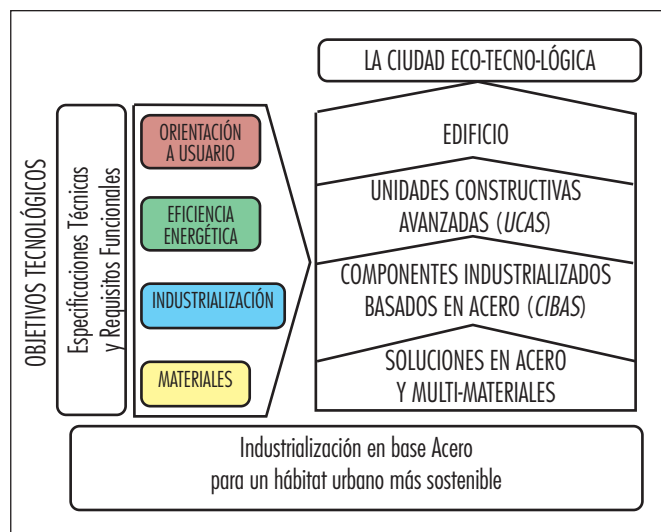


Fig. 1 Visión global del proyecto

3.3. ENERGIA (GENERACIÓN Y SUMINISTRO / ADAPTACIÓN Y GESTIÓN ENERGÉTICA)

- Desarrollo de sistemas basados en energías renovables que posibiliten la poligeneración térmica y eléctrica, y que permitan mejorar la eficiencia energética de la edificación, para avanzar hacia la autosuficiencia energética.

- Desarrollo de unidades de captadores solares de nueva concepción y con nuevos materiales, y de sistemas de cogeneración integrables en el entorno. Asimismo los

materiales con recubrimientos activos energéticamente, serán integrados en el conjunto.

- Planificación y gestión inteligente del uso de recursos energéticos, con el desarrollo de microrredes como medio de optimizar resultados.

3.4. USUARIO (INTELIGENCIA AMBIENTAL Y ECOSISTEMA URBANO)

- Diseño, desarrollo e integración del conjunto de elementos activos y pasivos de la edificación (energéticos, sensóricos, instrumentación y control), que permitan un uso óptimo de los recursos del edificio, orientado a dos aspectos: minimizar costes y conseguir el confort y bienestar de las personas en un entorno más accesible

- Generar **modelos urbanos** ricos, estructurados, más sostenibles y orientados hacia las personas mediante criterios de planificación para la adaptación de un nuevo modelo constructivo basado en acero según los requerimientos de ordenación y remodelación urbana.

4. ACTIVIDADES

El proyecto se divide en 8 actividades relacionadas entre sí:

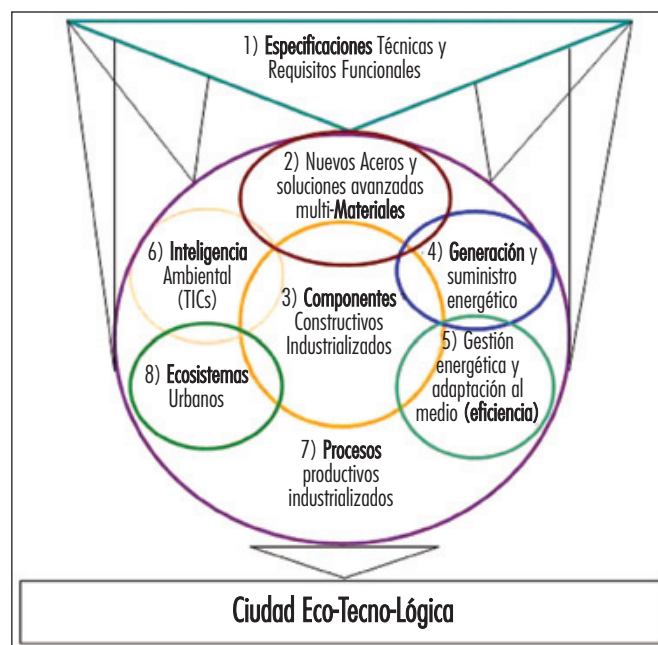


Fig. 2 Actividades del proyecto

En el presente artículo nos centramos en las Actividades 3, de Componentes Constructivos Industrializados, y en la Actividad 7 de Procesos Productivos Industrializados, por ser las actividades encauzadas al desarrollo de sistemas y productos constructivos.

5. COMPONENTES CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS.

La Actividad 3 tiene por misión generar el conocimiento y los desarrollos tecnológicos necesarios para una edificación

La construcción es uno de los sectores más relevantes de la economía española por múltiples razones

en base al acero mediante componentes constructivos industrializados que proporcionen edificios y procesos edificatorios más sostenibles.

Para ello se plantean los siguientes objetivos técnicos:

- Desarrollar estructuras estandarizadas de edificación basadas en Componentes constructivos Industrializados en Base Acero (CIBAs): 100% reciclables, reutilizables en más de un 50%, 0% de residuos de fabricación y demolición y contenido reciclado en más de un 50%.

- Desarrollar Unidades Constructivas Avanzadas (UCAs) con soporte estructural proporcionado por CIBAs y acabadas en taller para su montaje semi-automatizado en obra. 100% reciclables, 0% residuos de fabricación y demolición, integrarán sistemas de generación de energía e incluirán sensores que doten al edificio de inteligencia ambiental.

- Integrar en el proceso de diseño a los usuarios y a los agentes involucrados en industrialización de los componentes constructivos mediante plataformas de trabajo colaborativo que permitan definir el proyecto mediante la combinación de familias de CIBAs y UCAs.

El proyecto se encuentra en su primer año de desarrollo, y según el planning previsto, los trabajos desarrollados hasta la fecha se han centrado en la investigación para la concepción de los Componentes constructivos Industrializados en Base Acero (CIBAs).

Resulta importante remarcar que puesto que los CIBAs servirán de soporte estructural para el desarrollo de las UCAs, se tiene presente la estrategia global de diseño de productos y de las prestaciones que se pretende satisfacer con los mismos, por lo que en ocasiones no basta con considerar el componente como un mero soporte estructural sino que se tendrá en consideración el uso final que se le pretende dar bajo una perspectiva más amplia teniendo presente el resto de tareas a desarrollar en el transcurso del proyecto.

Se identificaron las líneas estratégicas que deben seguir los CIBAs que se desarrollarán a lo largo del proyecto.

Para ello se parte del estado actual del arte, analizando los productos y tecnologías que existen en el mercado internacional y se realiza un análisis DAFO de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades. De esta forma se identifican las líneas de acción para el desarrollo de nuevos productos en base a acero.

El análisis estratégico se realiza diferenciando tres tipologías diferentes de componentes constructivos:

- *Elementos unidimensionales (1D)*: en la mayoría de los casos atienden a la estructura principal del edificio que soporta las cargas principales y por lo tanto, estos se realizarán con perfiles de acero laminado en caliente

- *Elementos bidimensionales (2D)*: soluciones basadas en perfiles conformados en frío para la generación de paneles en forma de forjados, fachadas, tabiques o cubiertas.

- *Elementos tridimensionales (3D)*: El tratamiento de este producto, más abierto y amplio que los anteriores se enfoca en un análisis de diversos elementos tridimensionales, tanto para soportar cargas como para conformar espacios cerrados, por lo que se compondrán tanto de aceros laminados en caliente como de conformados en frío.

5.1 CIBAS 1D

Las conclusiones respecto de los elementos unidimensionales, resultado del análisis estratégico y del DAFO, proporcionan las siguientes líneas de actuación:

- Desarrollo de soluciones estructurales estandarizadas para su implementación en procesos de construcción industrializados de ejecución más segura y rápida.

- Desarrollo de nuevas soluciones estructurales basadas en perfiles laminados en caliente con prestaciones mejoradas mediante el uso de nuevos aceros o revestimientos innovadores.

- Desarrollo de soluciones estructurales estandarizadas para la minimización de impactos medioambientales en edificación.

- Análisis comparativo de impactos medioambientales asociados a soluciones estructurales alternativas a las de los perfiles laminados en caliente. Ventajas en el proceso de fabricación, reciclabilidad y cantidad de reciclado en los aceros.



Fig. 3 Edificio a base de vigas y pilares unidimensionales de acero

5.2 CIBAS 2D

Para el caso de los elementos bidimensionales, se proponen las siguientes líneas de actuación:

- Desarrollo de soluciones estandarizadas para su implementación en procesos de construcción en seco industrializados de ejecución más segura, rápida y limpia.



Fig. 4 Forjados y paneles de fachada en base acero

- Desarrollo de componentes, tanto estructurales como no estructurales, compatibles con diferentes sistemas de construcción industrializada.
- Desarrollo de soluciones en base a componentes desmontables e intercambiables de fácil ensamblaje y que permitan su de-construcción al final de su vida útil.
- Análisis comparativo de impactos medioambientales asociados a soluciones alternativas a los perfiles conformados en frío. Ventajas en el proceso de fabricación, reciclabilidad y cantidad de reciclado en los aceros. Componentes desmontables sin demolición.

5.3 CIBAS 3D

Finalmente para el caso de los elementos tridimensionales, las líneas de actuación propuestas son las siguientes:

- Desarrollo de componentes tridimensionales modulares con un nivel de estandarización mínimo que permitan su empleo en proyectos de edificación diversos (familias de módulos abiertos, cerrados...).
- Estudio del valor del módulo y su relación con la optimización para el transporte, pudiendo emplearse una de las siguientes fórmulas:
 - Módulos 3D que se transportan desmontados en 2D y 1D para su fácil ensamblaje en obra.



Fig. 5 Módulos tridimensionales en base acero

– Módulos de alto valor añadido capaces de ser transportados montados en transporte ordinario sin necesidad de recurrir a transportes especiales.

- Desarrollo de soluciones 3D en base a paredes separadoras de habitaciones, viviendas o zonas húmedas (cocinas y baños).

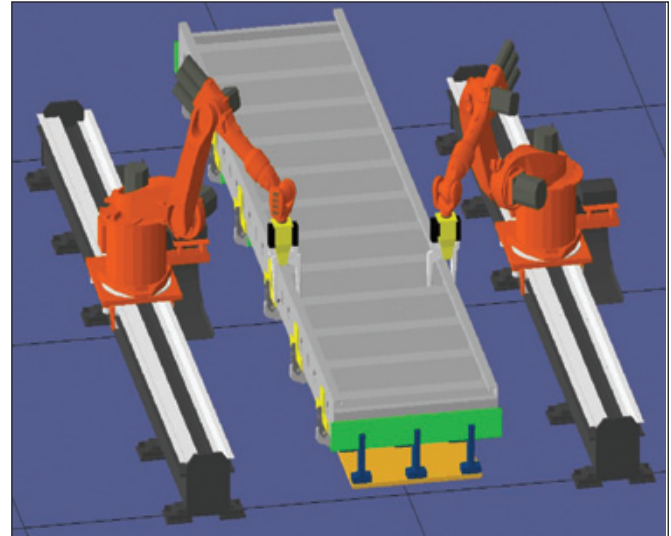


Fig. 6 Proceso de fabricación industrializada de forjado

6. PROCESOS PRODUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS

En cuanto a la industrialización de la construcción, el proyecto CETICA lo entiende como una organización del proceso productivo que implica la aplicación de tecnologías avanzadas al proceso integral de diseño, producción y gestión, bajo la perspectiva de una lógica que define la industrialización como la combinación de:

RACIONALIZACIÓN + PREFABRICACIÓN + AUTOMATIZACIÓN

Por tanto, el grado de industrialización no depende de la precisión, calidad o nivel tecnológico aplicados en la fabricación de cada uno de sus componentes; sino de su integración para formar un todo; así, pueden emplearse componentes de elevada tecnología como elementos de una construcción tradicional.

En cuanto a los componentes constructivos, a su fabricación y a lo que su puesta en obra se refiere, las características básicas identificadas para una construcción industrializada son las siguientes:

- Prefabricación de los componentes y elementos constructivos en instalaciones diferentes al lugar de montaje final. No implica necesariamente el uso de materiales nuevos, sino nuevas formas de aplicación o combinación de los materiales.
- Aplicación de tecnologías avanzadas en la fabricación y ensamblaje de componentes. Producción en serie de los componentes y elementos constructivos con tecnologías de automatización.

> el grupo holandés SAR estableció las bases para el análisis de la flexibilidad y versatilidad en el marco de la edificación urbana.



- Reducción e incluso eliminación de tiempos de espera y acopio en obra: concepto “just-in-time”.
- Racionalización y mecanización de las operaciones de montaje de los componentes en obra.
- Introducción de nuevas técnicas de gestión de la producción.

Antes de comenzar cualquier proceso de industrialización es imperativo, para la correcta definición de los componentes, disponer de unos grados mínimos de estandarización que permitan la viabilidad de una producción industrializada.

En la década de los setenta del pasado siglo, en paralelo con la denominada segunda generación de la industrialización, el grupo holandés SAR [4] estableció las bases para el análisis de la flexibilidad y versatilidad en el marco de la edificación urbana. En un principio, el grupo SAR redujo el ámbito de sus investigaciones a las configuraciones en planta de viviendas colectivas.

En el proyecto CETICA se adoptan estas bases para que, desde la fase de diseño del edificio, se establezca una adecuada orientación para la posterior definición, mediante “descomposición” del edificio, en unos componentes constructivos estandarizados pero permitiendo la suficiente flexibilidad para su adaptación a exigencias particulares del propio edificio o de los usuarios.

7. CONCLUSIONES

Al término del proyecto, en Diciembre de 2010, se esperan haber desarrollado los siguientes aspectos:

- Ciudad del futuro, energéticamente eficiente y sostenible.
- Industrialización de la construcción en base acero.
- Seguridad en la construcción (fabricación no in-situ).
- Reciclado y reutilización de materiales.
- Mejora del confort y bienestar de las personas.

8. BIBLIOGRAFÍA

[1] SEOPAN Observatorio de la Construcción, “Informe Anual de la Construcción 2006”, Madrid, julio 2007

[2] PLATEA Plataforma Tecnológica Española del Acero, “Agenda Estratégica de Investigación”, Septiembre 2006.

Disponible en Web:

http://www.unesid.org/platea/html/documentos/PLATEA_AEI_Cap4.pdf

[3] ESTEP European Steel Technology Platform, “Strategic Research Agenda”, Brussels, April 2005.

Disponible en Web:

ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/coal-steel-rtd/docs/events-infostp_sra-summary.pdf

[4] SAR Group (Stichting Architecten Research), formado en 1964 por diez arquitectos holandeses, con el propósito de investigar en el campo de la arquitectura sobre estrategias en el diseño y construcción de viviendas colectivas.

Disponible en Internet:

http://www.habraken.com/html/on_sar.htm