

PROSPECTIVA TECNOLÓGICA DEL SECTOR DE OBRA CIVIL

Javier Ignacio Urreta,
Dr. Ing. Ind.
José Luis Ramírez,
Dr. Ing. Ind.
José Carlos Peña,
Ing. Ind.
Alma Pardo,
Lda. en C. Químicas
Ibon Echevarría,
Ing. Ind. Labein. Tecnalia,
Corporación Tecnológica

1. PROPÓSITO

El presente artículo es un adelanto de los resultados de un estudio sobre prospectiva tecnológica en el sector de la Construcción, en particular el de la Ingeniería Civil, propuesto por OPTI, Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial, que esta Institución está a punto de publicar completo en su formato habitual, habiendo sido encomendado a Labein la dirección del mismo. El horizonte del trabajo se sitúa en 2015.

2. INTRODUCCIÓN

El sector de Construcción es uno de los sectores productivos de mayor importancia en España, lo mismo que sucede en el resto de países desarrollados. Esta importancia se justifica no sólo por su impacto en el PIB del país, sino también en el empleo y, sobre todo, en su efecto multiplicador sobre el resto de actividades económicas.

La gran capacidad de la actividad constructiva para crear empleo se demuestra por el dato de que cada 60.000 euros invertidos en el sector significan la creación de un puesto de empleo directo y 0,6 indirectos. Asimismo, el efecto multiplicador global estimado para el sector en España es de dos, lo que quiere decir que una subida de un punto porcentual en la

demanda constructiva se traduce en casi el doble de subida en la producción económica del país.

A continuación se pueden ver algunas de las cifras que explican el peso del sector de la Construcción en la economía nacional y correspondientes a 2011:

Cifra de Producción total.....	95.200 millones de euros
Porcentaje de la producción sobre el PIB	14,62%
Valor Añadido Bruto sobre PIB	8,3 %
Población laboral ocupada sobre el total	11,4%
Número de trabajadores empleados	más de 1 millón

Dentro del sector de Construcción se pueden distinguir los subsectores siguientes:

- Obra Civil (22% del total)
- Edificación (78% del total)

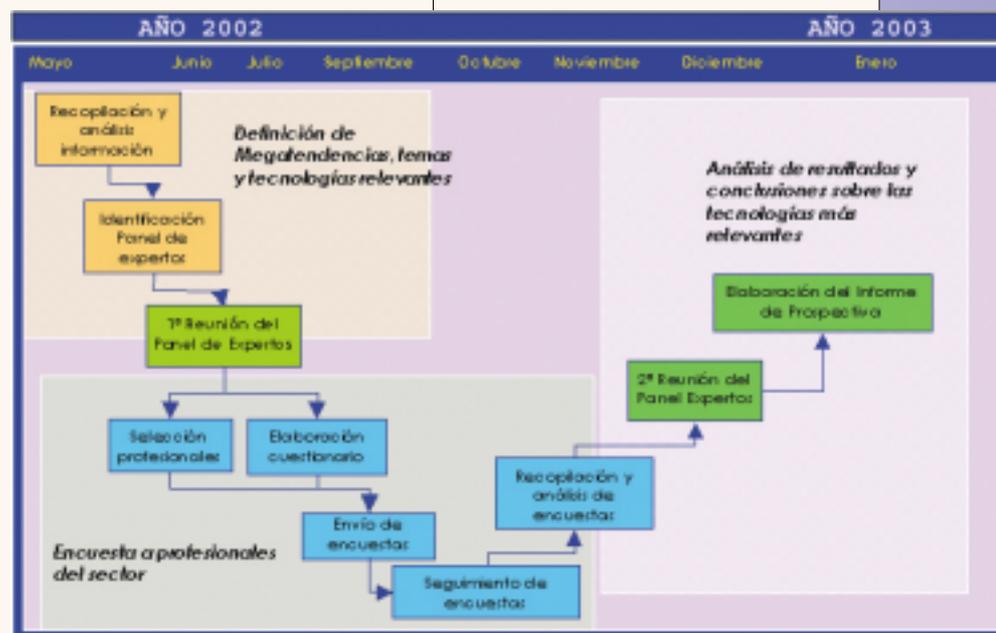
- Edificación residencial (37% del total).
- Edificación no residencial (11% del total).
- Rehabilitación y Mantenimiento de la edificación (30% del total).

Aunque la Obra Civil sólo representa el 22% de la cifra de negocio del sector, su carácter tractor sobre el resto de actividades y su capacidad para incorporar tecnologías avanzadas, han sido determinantes a la hora de seleccionarlo como subsector objeto de este estudio de prospectiva. La al-

ta tasa de crecimiento interanual de la Obra Civil en 2001, el 10%, frente a cifras menores en el resto del sector, le sitúan también en una posición de relevancia y justifica el interés por la mejora de su competitividad.

2. METODOLOGÍA

Como guía en la realización de este estudio se ha utilizado la técnica Delphi, que se basa principalmente en la utilización de un Panel de Trabajo formado por expertos en el tema a



tratar y en la consulta, mediante el envío de encuestas, a un conjunto más amplio de profesionales.

Las fases seguidas en la elaboración de este estudio se representan en la figura siguiente y se describen a continuación.

Identificación de expertos y establecimiento del Panel Consultivo

El objetivo de esta fase era seleccionar expertos representativos de los diferentes agentes involucrados en el sector de Obra Civil, esto es:

- Administración
- Promotores y Entidades públicas
- Constructores
- Fabricantes de Materiales
- Fabricantes de Maquinaria
- Servicios Técnicos: Ingenierías y Consultorías
- Entidades de Investigación y Control: Laboratorios, Centros Tecnológicos y Universidades.

Como resultado de esta fase, se seleccionaron 20 expertos para formar parte del Panel Consultivo del proyecto, que representan los agentes mencionados anteriormente y las diferentes áreas geográficas de España.

1ª Reunión del Panel de Expertos

Esta reunión tuvo como objetivo la identificación de las Tecnologías más relevantes para el sector de Obra Civil en el horizonte de 2015. A partir de la información previa recogida de los diferentes estudios nacionales e internacionales sobre el sector, se identificaron las grandes tendencias tecnológicas de futuro, también llamadas Megatendencias.

Las siete Megatendencias identificadas se corresponden con los siguientes conceptos:

- Sostenibilidad, orientada hacia un desarrollo tecnológico e industrial del sector de Construcción que no suponga una "hipoteca" para el futuro.
- Seguridad de uso y mantenimiento, entendida como la extensión de la seguridad que se aplica en cualquier diseño de Ingeniería Civil a otras situaciones que pueden acontecer durante la vida de la estructura.

* Personas, que incluye aspectos relativos a la seguridad y salud de las personas, su formación y capacitación.

- Materiales, orientada al desarrollo y perfeccionamiento de los materiales como herramienta de salto tecnológico para la industria de la Construcción.
- Mejora de procesos, que incluye aspectos relacionados con la integración de la cadena de valor, industrialización de procesos, reducción de costes totales y orientación hacia el usuario final de la infraestructura de obra civil.
- Maquinaria, relacionada con maquinaria necesaria para la ejecución de la obra civil, que integra sofisticados sistemas de control, automatización y seguridad en lo que intervienen sensores, electrónica e informática.

• Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs), como herramientas de soporte que facilitan el avance y modernización del resto de tecnologías, además de ayudar al desarrollo de infraestructuras de comunicación e intercambio de la experiencia y conocimiento acumulados.

Durante la reunión del Panel, se utilizó la *tormenta de ideas* o *brainstorming* como mecanismo para conseguir, de los expertos, el trabajo en grupo encaminado a la generación de conceptos tecnológicos de futuro. De esta forma se identificaron un total de 102 tecnologías, que posteriormente fueron priorizadas por los expertos por medio de técnicas de votación nominal. Como resultado, se seleccionaron 51 de esas tecnologías co-

mo las más importantes o relevantes para el futuro del sector de Obra Civil en España.

Elaboración del Cuestionario y selección de profesionales para el envío de encuestas

A partir de las 51 tecnologías críticas identificadas en la fase anterior, se elaboró un Cuestionario en el que se preguntaba, para cada una de ellas, el nivel de conocimiento del profesional, su grado de importancia, la fecha de materialización de la tecnología y la posición competitiva de España, tanto en su vertiente científico-tecnológica como de aplicabilidad al sector. Este Cuestionario se envió a un conjunto de 333 profesionales representativos de los diferentes agentes del sector de la Obra Civil en España.

Análisis de resultados y conclusiones

Con la información resultante de la encuesta y el análisis realizado en la segunda reunión del Panel de expertos se seleccionaron las 15 tecnologías más relevantes de las 51 propuestas y se procedió a la elaboración definitiva del informe de prospectiva del sector de Obra Civil que será publicado por OPTI.

3. RESULTADOS GENERALES

El número de encuestas recibidas ha sido de 77, sobre un total de 333 encuestas enviadas. Esto representa un grado de respuesta del 23%, proporción semejante a la obtenida en estudios OPTI de años anteriores.

En la tabla siguiente se muestra en forma resumida detalles referidos al grado de participación, diferenciando

% Representación Zona	Agentes			Respuesta por zona geográfica	
	Administ.	Empresa	Serv. Tecn.		
Centro - sur	9 (44)	20 (81)	21 (69)	50 (192)	26%
Este	4 (12)	4 (24)	3 (10)	11 (46)	24%
Norte	4 (22)	7 (51)	5 (20)	16 (95)	17%
Respuesta por agente	17 (78) 22%	31 (156) 20%	29 (99) 29%	77 (333) 23%	

Para leer la tabla

En cada cuadrícula: nº de encuestas recibidas (nº de encuestas enviadas)

El % indica el nº de encuestas recibidas por agente o zona con respecto al total enviadas del colectivo

do entre los tres tipos de agentes principales del sector de la Construcción y entre las tres zonas geográficas incluidas en el estudio.

Los tres grupos de agentes comprenden los siguientes elementos:

- Administración = Administración Central y Autonómicas y Entidades Públicas.

- Empresas = Constructores, Fabricantes de maquinaria, Fabricantes de materiales, Instaladores y Asociaciones.

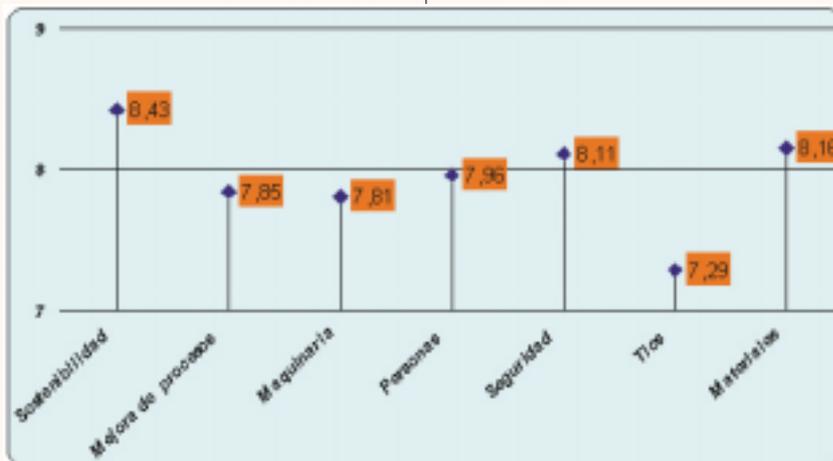
- Servicios Técnicos e Investigación = Ingenierías, Consultorías, Laboratorios, Centros Tecnológicos y Universidades.

A- ANÁLISIS DE RESULTADOS POR MEGATENDENCIAS

En este apartado se muestran los resultados del análisis sobre las respuestas recibidas de la encuesta, analizándolos desde el punto de vista de las Megatendencias o grandes tendencias tecnológicas. De esta forma se quiere aportar una visión general que ayude a entender más fácilmente la situación de la Obra Civil en España y los principales retos y problemáticas a los que se enfrentan sus diferentes agentes.

A.1 Megatendencias por su grado de importancia

El gráfico siguiente ilustra las siete Megatendencias identificadas por el Panel Consultivo y la importancia (medida entre cero y diez) que le han dado los profesionales que han respondido la encuesta.



* Seguridad de Uso y Mantenimiento



Como se puede observar, la Sostenibilidad es la tendencia de futuro que claramente destaca, en cuanto a su importancia, por encima del resto. La presión social, que se está trasladando a las administraciones y al resto de agentes sociales, y que terminará calando en el sector, puede explicar este nivel de importancia. Otro factor que puede haber incidido en esta calificación es el hecho de que en el pasado se ha construido sin estar suficientemente presentes los criterios de Sostenibilidad.

Por otra parte, TICs (Tecnologías de Información y Comunicaciones) es la tendencia menos valorada por los profesionales; sin embargo, se constata su implantación de forma progresiva en el sector.

La baja cultura sobre TICs y su escaso grado de impregnación entre los profesionales del sector pueden explicar las bajas notas en cuanto a la importancia de estas tecnologías. De hecho, en otros foros similares (EE UU), se opina que son las TICs las que están dando y darán un impulso

decisivo de modernización y racionalidad al sector, lo que se traducirá en reducción de costes y aumento de productividad.

El sector de la Construcción, además, ve las TICs como una herramienta y no como un fin en sí mismo. Las TICs vienen dadas por agentes externos al sector y se ponen a su disposición, por lo que a futuro el especialista prefiere centrarse en tecnologías emergentes en otras áreas que sí forman parte de su núcleo de negocio. Estos factores explican una actitud poco proactiva del sector respecto a esta Megatendencia.

El resto de Megatendencias figuran a un nivel intermedio de importancia percibida, con puntuaciones variables pero muy próximas entre sí.

Para completar el análisis anterior se ha estudiado cada uno de los tres grupos de agentes representativos por separado: Empresa, Administración y Servicios Técnicos e Investigación. Se han seleccionado únicamente las tres Megatendencias más importantes para cada uno de ellos y se han valorado las coincidencias entre los tres grupos.

Las Megatendencias seleccionadas con este criterio, junto con la información del grupo para el que son importantes, se representan en el gráfico siguiente.

Como se puede apreciar en el gráfico Sostenibilidad, que era la tendencia más puntuada al nivel global, es también la única preocupación común para los tres grupos de agentes, medida según el criterio anterior (estar entre las tres primeras).

De las restantes cinco Megatendencias que se percibían como importantes (pero en una puntuación simi-

lar) sólo dos de ellas, Seguridad de uso y mantenimiento y Personas, aparecen como temas de interés común para al menos dos de los grupos.

La Mejora de Procesos sólo figura como relevante para las empresas mientras que los Materiales destacan para los Servicios Técnicos e Investigación.

Como consecuencia de este análisis, se puede concluir que las tres Megatendencias más relevantes para el sector de Obra Civil son las siguientes, clasificadas por su orden de importancia:

1°- Sostenibilidad, que claramente se destaca del resto.

2°- Seguridad de uso y mantenimiento.

3°- Personas.

A.2 Plazo de materialización de las Megatendencias

En el gráfico siguiente se representan las diferentes Megatendencias

y el plazo de materialización que se les ha asignado por los profesionales encuestados. El espesor de cada barra representa la proporción de ellos que opinan que las diferentes tecnologías de esa Megatendencia se implantarán de forma generalizada en dicho periodo de referencia.

B- ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS MÁS RELEVANTES POR AGENTES

A partir de los resultados de la encuesta y del proceso de discusión con el Panel de expertos, se han identificado las 15 tecnologías siguientes como las más críticas para el sector de Obra Civil en España, en el horizonte 2015, ordenadas de mayor a menor por su grado de importancia:

PER-1. Desarrollo y normalización de los sistemas constructivos atendiendo a criterios de prevención de riesgos laborales.

SOS-8. Técnicas para la protección de acuíferos y cursos de agua.

SEG-3. Métodos de análisis, materiales y técnicas para la evaluación y protección de estructuras frente al fuego.

MAT-6. Tecnologías de inspección y predicción (métodos numéricos, técnicas analíticas, métodos acelerados,...) que permitan estimaciones de la vida potencial o residual de materiales y estructuras.

SEG-2. Tecnologías de ventilación y extracción en túneles.

SOS-4. Tecnologías de evaluación, gestión y reutilización de residuos de diversa procedencia (Construcción, minería, siderurgia, etc.)

SOS-9. Desarrollo de tecnologías limpias: reducción de emisiones (polvo), ruidos, residuos y vibraciones.

MEJ-6. Desarrollo e implantación de sistemas integrados de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad laboral durante la Construcción.

MAT-4. Estandarización, normalización y certificación de los productos de Construcción.

PER-5. Desarrollo de modelos que estudien el comportamiento de las personas en situaciones bajo condiciones extremas (accidentes, fuego en túnel, inundaciones, etc.)

SOS-1. Técnicas de análisis de ciclo de vida, aplicadas tanto para materiales como para estructuras, integrando su impacto ambiental y su balance energético.

MAT-5. Reutilización, reparación o reciclado de los materiales emergentes.

PER-2. Diseño de sistemas de formación y aprendizaje sencillos y ágiles para el personal de obra no cualificado.

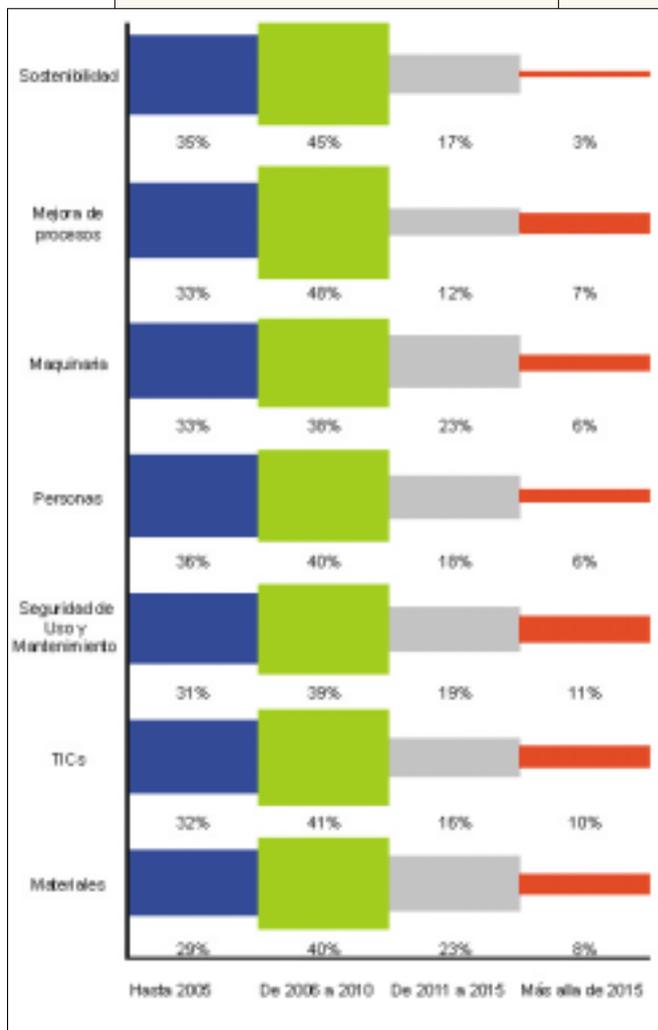
TIC-9. Desarrollo e implantación de sistemas de gestión del conocimiento en la Obra Civil.

MAQ-1. Sistemas de control automáticos que puedan actuar sobre las diferentes variables de la máquina y su guiado.

En la página siguiente se presenta un gráfico con las 15 tecnologías anteriores, distinguiendo la opinión de cada grupo de agentes. De su observación se deduce una disparidad amplia de intereses entre cada grupo de agentes.

4. CONCLUSIONES

A continuación se resumen las principales conclusiones del estudio de prospectiva realizado sobre la Obra Civil, que tienen por objetivo ayudar a conocer mejor la evolución tecnológica esperada de sector, así

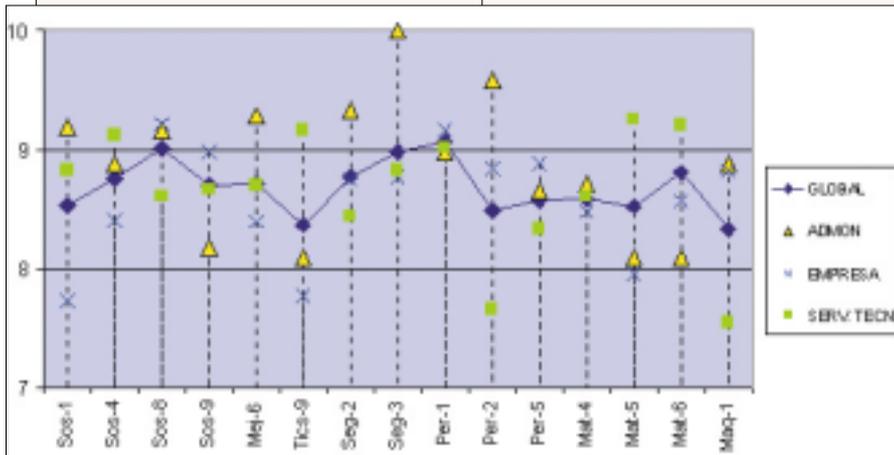


como ayudar en la identificación de las tecnologías que tendrán un mayor protagonismo en España en los próximos años.

• Se han identificado siete Megatendencias de interés futuro con el horizonte puesto en 2015:

- 1- Sostenibilidad
- 2- Seguridad de uso y mantenimiento
- 3- Personas

para los tres grupos de agentes (Sostenibilidad es importante para los tres), sin embargo, no sucede lo mismo al bajar al detalle de las Tecnologías. Al comparar, por ejemplo, las tres tecnologías más importantes para cada agente, sucede que no se repite ninguna de ellas, lo que demuestra que existe una disparidad de criterios en tecnologías, entre los agentes, bastante importante.



- 4- Materiales
- 5- Mejora de procesos
- 6- Maquinaria
- 7- Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs)

• A juicio de los profesionales y expertos, todas las Megatendencias anteriores serán importantes, aunque destaca Sostenibilidad por encima del resto, que, además, es la única tendencia que se sitúa entre las tres opciones más importantes para todos los agentes del sector. Las dos Megatendencias que le siguen por orden de importancia son Seguridad de uso y mantenimiento, y Personas, que se sitúan como una de las tres primeras opciones para al menos dos de los grupos de agentes.

• Las TICs quedan ligeramente por debajo del resto, dado que se pueden adquirir a otros agentes externos al sector, por lo que a futuro el especialista prefiere centrarse en otras tecnologías emergentes en sectores de su núcleo de negocio, aunque su desarrollo se ve necesario como herramienta para el avance de las otras Megatendencias.

* Aunque al nivel de Megatendencias existen ciertas coincidencias en los temas de interés más prioritarios

Así, la Administración valora como más importantes algunas tecnologías de Seguridad de uso y mantenimiento (Protección frente al fuego, ventilación y extracción en túneles) y Personas (Formación del personal de obra no cualificado), a las Empresas le parecen más importantes algunas tecnologías de Sostenibilidad (Protección del agua, Desarrollo de tecnologías limpias) y Seguridad (Prevención de riesgos laborales), y los Servicios Técnicos e Investigación valoran como más importantes varias tecnologías de Materiales (Reutilización de materiales emergentes, Estimación de la vida potencial y residual) y TICs (Sistemas para la Gestión del conocimiento).

• En cuanto a los plazos de implantación generalizada de las tecnologías, se observa que el periodo 2006-2010 es el más probable para que esto suceda e independientemente de la Megatendencia, aunque luego puede variar en el caso concreto de alguna de las tecnologías individuales, que pueden aparecer en otro periodo de tiempo.

A pesar de estos resultados de la encuesta, el Panel de expertos entiende que será probable que varias de

las tecnologías tardarán algo más en implantarse de forma generalizada. Los resultados también muestran que la Empresa y los Servicios Técnicos e Investigación tienen visiones diferentes sobre estas fechas, siendo más conservadores los primeros (creen que el plazo en general será mayor) y más arriesgados los últimos (apuestan por un desarrollo más inmediato de las diversas tecnologías).

• Como conclusión principal de este estudio, resultan 15 tecnologías que se han reseñado en el apartado 3.B y que los profesionales y expertos creen que serán las más críticas para el futuro desarrollo del sector de Obra Civil. De forma general, se puede decir que la capacidad científica y tecnológica necesaria para el desarrollo de estas tecnologías es suficiente, aunque todavía queda campo para la mejora.

En el informe completo, que OPTI publicará en breve, se añadirán una serie de recomendaciones agrupadas en relación con Normativa y Certificación, Formación y Sensibilización y con Actuaciones de los diferentes Agentes del Sector, consecuencia del análisis detallado de cada una de las quince tecnologías más críticas.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Informe de Prospectiva del sector de Obra Civil - OPTI 2003.
- Innovación en Construcción (Cotec) 2000.
- *Rethinking Construction* (Informe Egan) 1998.
- *Constructing the Future* (UK) 2001.
- Informe sobre la situación actual de la investigación en la Ingeniería Civil (Col. Ing. Caminos, Canales y Puertos) 2001.
- *Survey results in "Urbanization and Construction"* (Japón) 2001.
- Informe de Construcción 2001 SEOPAN.
- "Informe Construcción 2001 de SEOPAN" ■