

SOSTENIBILIDAD E INNOVACIÓN EN LA NORMATIVA TÉCNICA EN EL ÁMBITO DE LA CONSTRUCCIÓN : LA NUEVA INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL, EHE-08

Antonio R. Marí Bernat

Departament d'Enginyeria de la Cnstrucció
Campus Nord UPC, C-1, Jordi girona 31
08034 Barcelona, Spain
Tel: 34 93 4016508
antonio.mari@upc.edu

Palabras clave: Desarrollo sostenible, construcción, ciclo de vida, residuos, medio ambiente

RESUMEN

La industria de la construcción tiene una enorme incidencia económica, social y ambiental, como se deduce de su contribución al PIB y a la generación de empleo, del valor social de los bienes que produce, como la vivienda o las infraestructuras, y del enorme impacto ambiental que provoca, tanto en contaminación como por el consumo de recursos naturales, energía y suelo. El papel de las administraciones, como impulsores de legislación y gestores de recursos públicos, es esencial para implantar políticas efectivas a gran escala. En este sentido, la Instrucción del Hormigón Estructural, de carácter preceptivo en España, que regula el proyecto y ejecución de las estructuras de hormigón, es un instrumento de enorme impacto, no solo por su aplicación en la construcción real, sino por su enorme influencia en la docencia de las estructuras de hormigón, en muchas carreras técnicas.

En Diciembre de 2008 entró en vigor la nueva Instrucción EHE-08, uno de cuyos aspectos más destacados es su voluntad de dar respuesta a las demandas sociales de sostenibilidad. Para ello se ha planteado una estrategia consistente en 1) Asumir el ciclo de vida de las construcciones potenciando el reciclaje de los residuos de hormigón generados y estableciendo estrategias para disminuir y amortiguar los impactos en el tiempo mediante la extensión de la vida útil de las estructuras, a partir de los postulados de durabilidad. 2) *Potenciar el carácter de sumidero ambiental en las estructuras de hormigón, permitiendo incorporar en los materiales empleados para la fabricación del hormigón y de las armaduras diversos subproductos y residuos de otras actividades sin comprometer el cumplimiento de los requisitos que deben cumplir las estructuras,* 3) *Establecer estrategias medioambientales durante la fase de construcción* con un múltiple objetivo: disminuir los impactos derivados de la ejecución de la estructura, concienciar a todos los agentes involucrados en el proceso y contribuir a la mejora del conocimiento y credibilidad por parte de la Sociedad y 4) *Cuantificar la contribución de las estructuras al desarrollo sostenible, mediante la aplicación de indicadores en las fases de proyecto y construcción.*

El proceso de revisión de esta Instrucción, de 5 años de duración, ha contado con la participación de numerosos profesionales, empresas e instituciones de todos los sectores en el ámbito de la construcción y ha tenido un importante efecto tractor de proyectos de investigación e innovación. En este artículo se describe la estrategia seguida en el planteamiento y desarrollo de la EHE-08, incidiendo especialmente en los aspectos de sostenibilidad e innovación y en las consecuencias de todo tipo que cabe esperar de su progresiva implantación.

1. Introducción

La Instrucción Española del Hormigón, EHE-08, es una norma de obligado cumplimiento, que rige el proyecto y ejecución de todo tipo de estructuras de hormigón armado y pretensado en España. Esta Instrucción, de larga tradición, se alinea con el Eurocódigo EC-2, aunque tiene aspectos particulares propios de nuestro país. Esta diferenciación, aunque tiene algunos inconvenientes, presenta la gran ventaja de permitir ser más ágil en su actualización (al depender solo de España) y poder así incorporar algunos aspectos innovadores con más celeridad, como así ha sido en la reciente actualización, culminada en Diciembre de 2008.

Hay que resaltar como la primera característica de la nueva EHE que materializa la aportación de muchos profesionales e Instituciones, puesto que con la Comisión Permanente del Hormigón (CPH) han colaborado las diversas administraciones autonómicas, cerca de un centenar de expertos que han constituido los diversos grupos de trabajo y todas aquellas personas que han formulado alegaciones y sugerencias durante la fase de difusión pública del proyecto. Esta transparencia y el carácter participativo de su génesis le confiere, en nuestra opinión, una coherencia con un planteamiento sostenibilista: es una Instrucción asumida porque es conocida y se ha gestado de forma abierta al diálogo con los usuarios.

El ámbito de aplicación de la instrucción incluye todas las obras de construcción, tanto las de edificación como las de ingeniería civil, y cubre todas las fases de su vida de servicio, incluyendo su proyecto, ejecución y mantenimiento. Las líneas básicas que han inspirado el proceso de actualización reglamentaria han sido las siguientes:

- Coherencia con otros textos reglamentarios, convergencia Europea y síntesis reglamentaria.
- Incorporación de nuevos productos y nuevos procesos, respondiendo al estado actual de la tecnología y del conocimiento.
- Optimización del esfuerzo de control, tratando de garantizar la seguridad y funcionalidad de las estructuras sin sobrecostes injustificados.
- Adopción de una estrategia de sostenibilidad que impregna toda la Instrucción, en aspectos de materiales, proyecto, ejecución y el mantenimiento
-

En este artículo se describe la estrategia seguida en el planteamiento y desarrollo de la EHE-08, incidiendo especialmente en los aspectos de sostenibilidad e innovación y en las consecuencias de todo tipo que cabe esperar de su progresiva implantación

2. La sostenibilidad en la nueva EHE

2.1. Principios básicos de sostenibilidad

En 1987, la Comisión Brundtland, creada por las Naciones Unidas, publicó su informe "Nuestro Común Futuro" y definió el desarrollo sostenible por primera vez como *"El desarrollo que permite satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades"*. Desde entonces, se han realizado numerosos intentos para implementar la sostenibilidad en las actividades cotidianas, por ejemplo los planes conocidos como Agenda 21. La sostenibilidad es, en general, un estado de un sistema viable a largo plazo, es decir que no sobrecarga las funciones que lo hacen posible, tomando conciencia de sus límites y de la noción de futuro. Para el sistema "sociedad", las condiciones que implica un desarrollo sostenible son:

- *Respetar los límites.* Lo que tomamos de la biosfera (en cuanto fuente de materias primas y energía, o sea, materia y energía de baja entropía) y lo que devolvemos a ella (en cuanto sumidero de residuos y calor, es decir, materia-energía de alta entropía) ha de estar dentro de los límites de absorción y regeneración de los ecosistemas.
- *Pensar en el futuro.* Deberíamos dejar a la generación siguiente un mundo que sea al menos tan habitable y haga posibles tantas opciones vitales como el que nosotros hemos recibido de la generación anterior.
- *Equidad y solidaridad.* El desarrollo sostenible implica lograr nuevos equilibrios entre ricos y pobres, entre las generaciones actuales y futuras, entre la humanidad y la naturaleza.
- *Satisfacer las necesidades a partir de la funcionalidad.* Orientación de los sistemas hacia la satisfacción de las funciones/necesidades básicas: alimentación, habitabilidad, aire limpio, agua, ropa, salud, comunicación humana, seguridad, energía...
- *Visión global y sistémica.* Es posible que la mejor solución para un problema se encuentre fuera del campo de la disciplina en la que nos hemos formado. Se requiere abordar el problema desde distintos puntos de vista. El enfoque sostenibilista es una manera de pensar y de hacer sobre cómo se deben enfocar los problemas.
- *Tratamiento antropocéntrico.* Al final, lo que est  en juego es la supervivencia del ser humano, de nuestra especie.

Lo anterior lleva a una serie de aspectos en la práctica que puede considerarse est n en la base de la sostenibilidad:

- Minimizar el consumo de recursos
- Cerrar el ciclo de consumo de los materiales
- Impulsar el desarrollo de materiales y energías renovables
- Estimular el desarrollo de potenciales humanos como la comunicación, la creatividad, la cooperación y el desarrollo intelectual
- Educar a los individuos en contribuir al bien común y no solo al bien individual

2.2.  Por qué incorporar la sostenibilidad en la EHE?

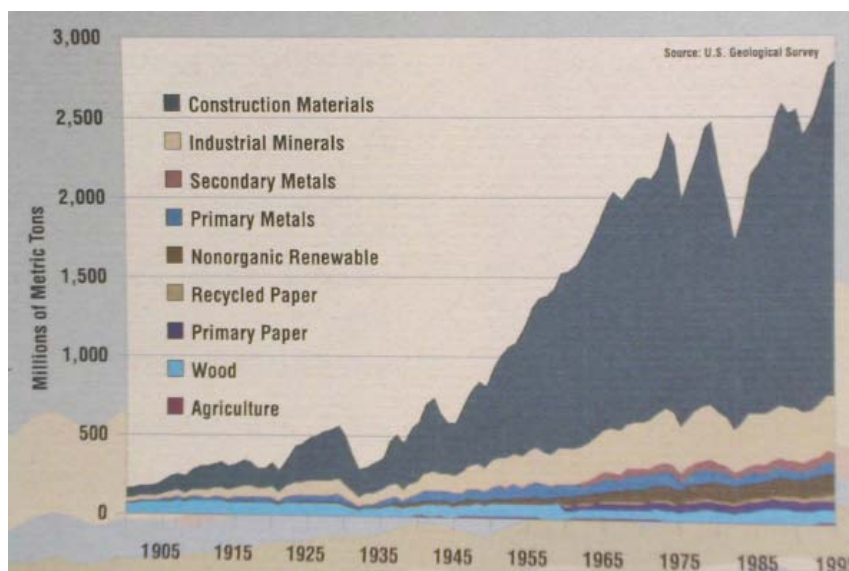
Nadie discute hoy día que el desarrollo actual es insostenible. La tecnología tiene un rol clave en la urgente necesidad de reentender la relación del ser humano con nuestro planeta, el único que tenemos, para tratar de reenderezar y resolver las disfunciones que han aparecido aceleradamente en el último siglo en esta interacción.

El papel de las administraciones, como impulsores de legislación y gestores de recursos públicos, es esencial para implantar políticas efectivas a gran escala. La Instrucción de Hormigón Estructural es un documento que, por su carácter preceptivo, es utilizado profusamente en el proyecto y ejecución de obras de hormigón armado, por proyectistas, consultores, constructores, direcciones de obra, Administraciones, fabricantes de materiales, empresas de control y otros muchos agentes del mundo de la construcción. Pero, además, su carácter obligatorio la convierte en un texto que es necesario conocer y, por tanto, un texto de obligada referencia en la enseñanza de las estructuras de hormigón, lo cual afecta a numerosas titulaciones de primero segundo y tercer ciclo en el ámbito de la Ingeniería Civil, Agricultura, Mecánica e Industrial, Minas, Aeronáutica y en la Arquitectura y la Edificación. Por todo ello, se trata de un texto con una enorme difusión y, lo que es más importante, con un enorme impacto, no solo en la práctica de la construcción cotidiana sino en la formación de los futuros profesionales. Pero además, puede jugar un papel de concienciación de todos los

agentes y de impulsor de políticas favorables al desarrollo sostenible, incluso de nuevos modelos de negocio. No olvidemos que solo a través de una concienciación de la sociedad (y en este caso de los técnicos relacionados con la construcción) acerca de la problemática creada por un desarrollo desbocado, puede implantarse un modelo de desarrollo sostenible

Cuando la (CPH) inició los trabajos para la revisión de la vigente Instrucción EHE, aprobó un documento de bases para desarrollar dicha tarea, que no era sino una declaración entre lo conceptual y lo ideológico, de aquellos aspectos que los miembros de la CPH consideraban que debieran estar contemplados como aspectos novedosos de la nueva Instrucción. Durante el proceso desencadenado desde entonces, aquel documento constituyó siempre una referencia necesaria que definí el contexto de los tareas a abordar. Sin embargo la coincidencia de una serie de factores permitió convertir esta experiencia de "producción reglamentaria" ya concluido, en un proceso abierto, dialogante y muy sensible a las demandas que se han ido detectando desde los más diversos ámbitos. Consecuencia de ello ha sido la incorporación, en la nueva Instrucción, de algunos contenidos no contemplados inicialmente, entre los cuales se encuentra los relativos a sostenibilidad, si bien inicialmente surgió la conveniencia de abordar ciertas consideraciones de carácter medioambiental.

Durante los últimos años, los diferentes agentes sociales han venido manifestando una creciente sensibilidad por los aspectos ligados a la protección del medio ambiente y a la consecución de un desarrollo sostenible. En este aspecto, lejos de considerar la construcción como una actividad inocua, la opinión pública tiende a percibirla como uno de los principales factores que afectan al medio natural.



Residuos generados por las diversas actividades económicas. Fuente: US Geological Survey

En el contexto anterior, no cabe sino recoger el reto que plantea la Sociedad, liderando un proceso de mentalización de los agentes involucrados y estableciendo criterios y metodologías que contribuyan eficazmente a lograr estructuras que colaboren mejor con la sostenibilidad. Por lo tanto, es necesario centrar la actividad de proyecto y construcción de las estructuras en un nuevo marco que considere de forma integral los aspectos económicos, sociales y ambientales. De ahí que el planteamiento inicial medio-ambientalista fuera derivando hacia otro mucho más global: una estrategia orientada a contribuir al desarrollo sostenible. Una Instrucción con voluntad

de crear nuevos horizontes de futuro no debía, y probablemente tampoco podía, ser ajena a estos planteamientos.

La dimensión económica de la actividad ligada a las estructuras de hormigón puede valorarse a partir del siguiente dato: durante el año 2005 la facturación de los sectores industriales relacionados sólo con los materiales y productos incluidos en la Instrucción EHE asciende a unos 16.400 millones de euros, lo que supone alrededor del 2% del PIB. La contribución de los sectores del cemento, del hormigón preparado y el siderúrgico a esta cifra puede valorarse en el 19,2%; 32,2% y 11,3%, respectivamente. Hay que tener en cuenta además, que en los datos anteriores no est  incluida la propia actividad constructora.

Por otra parte, parece evidente la eficacia de la actividad constructora como instrumento para la atención de demandas sociales (vivienda, sanidad, educación, etc.), así como elemento de ordenación y vertebración del territorio. Además, la construcción presenta potencialidades como “sumidero ambiental”, de manera que, a medida que avanza el conocimiento técnico actual, se permite aumentar el empleo de productos directamente reciclados o elaborados a partir de subproductos industriales, con el consiguiente efecto favorable como actividad incentivadora del reciclado y sensible a la preocupación por el consumo masivo de recursos naturales.

2.3. La estrategia de sostenibilidad de la nueva EHE

Pueden identificarse, al menos, cinco grandes líneas alrededor de las que la nueva EHE articula una auténtica estrategia de sostenibilidad, en plena concordancia con los aspectos de base de la sostenibilidad citados anteriormente:

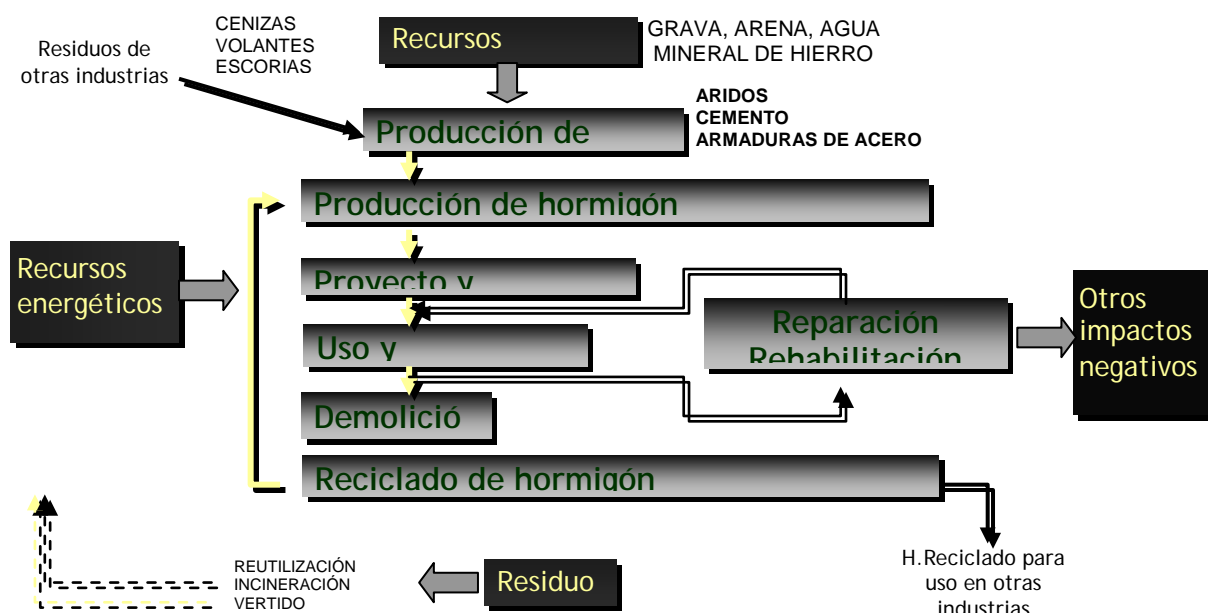
Dar respuesta a la demanda social de sostenibilidad.

Para ello, se habilitan los medios que permitan aceptar y dar respuesta a esta demanda, además de explicitar el compromiso consecuente con la Sociedad. Se integran las tareas relacionadas en este ámbito y realizadas por cada uno de los agentes implicados en el proyecto, la construcción y el control de las estructuras de hormigón, de manera que puedan desarrollarse planteamientos acordes con nuestro tiempo y superar formulaciones hoy día ya obsoletas. Se pretende también transmitir las nuevas estrategias a los propios usuarios y, en general, al conjunto de la Sociedad, colaborando para reflejar el compromiso y el papel que se quiere desarrollar en este ámbito desde el mundo de la construcción,

Asumir el ciclo de vida de las construcciones

Por primera vez, la Instrucción está articulada para poder considerar todo su ciclo de vida, desde su concepción hasta su demolición, potenciando en este caso el reciclaje de los residuos de hormigón generados. Se contempla el desarrollo de estrategias proactivas para disminuir los impactos y adicionalmente, establece criterios para “amortiguar” en el tiempo los impactos mediante la extensión de la vida útil de las estructuras, a partir de los postulados de durabilidad.

Mención especial merece el tratamiento que reciben los hormigones reciclados, para los que el proyecto de nueva Instrucción establece los criterios para su empleo, mediante la incorporación de árido grueso procedente de demoliciones de hormigón en proporciones que pueden ser de hasta un 20% en el caso de hormigones estructurales pero que pueden incrementarse hasta un 100% en el caso de hormigones no estructurales (hormigones de limpieza, relleno de zanjas, etc.).



Tipo	Vida útil tg (años)
Temporal	3 – 10
Elementos reemplazables	10 – 25
Edificios industriales	15 – 50
Instalaciones agrícolas	
Obras marítimas	
Edificios	50
Edificios públicos, hospitales, colegios	75
Edificios monumentales	100
Puentes	

Ciclo de vida y vida útil considerada por defecto en la nueva Instrucción EHE

Potenciar el carácter de sumidero ambiental en las estructuras de hormigón.

Los materiales empleados para la fabricación del hormigón y de las armaduras ya vienen incluyendo durante las últimas décadas diversos subproductos y residuos de otras actividades (cenizas volantes, chatarra, etc.). La nueva Instrucción habilita nuevas posibilidades que, de acuerdo con el progreso del conocimiento técnico, permiten avanzar en este planteamiento sin comprometer el cumplimiento de los requisitos que deben cumplir las estructuras (hormigones reciclados, reutilización del agua de lavado de cubas, nuevas posibilidades de empleo para los áridos, etc.).

Establecer estrategias medioambientales durante la fase de construcción.

La nueva Instrucción habilita estrategias con un múltiple objetivo: disminuir los impactos derivados de la ejecución de la estructura, concienciar a todos los agentes involucrados en el proceso y contribuir a la mejora del conocimiento y credibilidad por parte de la Sociedad. Entre los primeros, se abordan aspectos como la generación de residuos derivados de la actividad, emisiones atmosféricas, generación de aguas residuales de limpieza, generación de ruido, consumo de recursos, afección potencial

al suelo y acuíferos, utilización de materiales ambientalmente aceptables y recomendaciones de buenas prácticas ambientales



Planta de áridos reciclados procedentes de demolición de estructuras de hormigón

Cuantificar la contribución de las estructuras a la Sostenibilidad, mediante la aplicación de indicadores en las fases de proyecto y construcción.

La actividad técnica que se desarrolla en el ámbito del hormigón estructural parece destinada siempre a la cuantificación. Las estrategias de sostenibilidad podrían considerarse incluso "de segundo nivel" en el contexto de la Instrucción, si se hubieran restringido a una serie de reglas cualitativas bien intencionadas, pero de discutible aplicación en la práctica real de las construcciones. Era preciso, por lo tanto, habilitar un sistema cuantitativo mediante índices que pudieran definirse inicialmente en el proyecto y pudieran comprobarse en la fase de control, una vez conocidas las condiciones reales de la obra.

Una vez definida la estrategia de sostenibilidad y sus aspectos básicos, debía articularse en procedimientos concretos. Entre ellos, sin duda el que más incertidumbres podía plantear inicialmente era el desarrollo de índices de sostenibilidad. Para ello, el grupo de trabajo creado al efecto estableció una metodología de trabajo, consensuando inicialmente el sistema, antes de analizar los valores concretos que se introducían en cada modelo. En una fase ya posterior, mediante el empleo de innovadoras técnicas de análisis jerárquico de decisiones, el modelo fructificó en una propuesta concreta. Tras un análisis ulterior que permitió depurar la redacción, simplificando y unificando las expresiones analíticas de los modelos propuestos, el proceso estaba concluido y sus frutos podían plasmarse ya en la redacción del que será uno de los Anejos probablemente más novedosos de la nueva Instrucción EHE.

Como consecuencia de este proceso, la nueva Instrucción plantear  un criterio cuantitativo para analizar la contribución de las estructuras de hormigón a la Sostenibilidad.

3. Consideraciones finales.

El desarrollo sostenible requiere una visión global y sistémica, pero ello no puede conseguirse si no es a través de un proceso lento, de concienciación y participación de muchos con visión interdisciplinar en el enfoque de la solución a los problemas planteados. . En este proceso, la tecnología puede jugar un papel definitivo, no solo en la solución de los problemas científico-técnicos que se plantean, sino incluso como motor económico, con la creación de nuevos modelos de negocio. La legislación es, por otra parte esencial para impulsar políticas sostenibilistas y para contribuir a la concienciación social. Finalmente la educación es clave para lograr la interiorización de los planteamientos y los conceptos asociados a un desarrollo sostenible.

La Instrucción del hormigón estructural incorpora estos tres componentes: tecnología, legislación y educación, y es de esperar que tenga consecuencias muy positivas en los hábitos del mundo de la construcción, Los estudios prospectivos realizados indican que la aplicación de la nueva EHE puede conducir a una reducción de entre un 5% y un 25% de consumo de acero, según el tipo de estructura, a una reducción en el consumo de cemento, con las consiguientes reducciones de emisiones de CO₂, a la reutilización de hasta un 10% de áridos reciclados procedentes de demolición, a una reducción de todo tipo de contaminación ambiental durante la ejecución, a un aumento de la vida útil de las estructuras, a un aumento de la cultura del mantenimiento, a la creación de nuevos modelos de negocio y a una concienciación de los estudiantes y profesionales sobre la importancia de una actitud responsable, compatible con el desarrollo económico. De hecho, algunos de estos aspectos ya se están notando (por ejemplo redacción de planes de mantenimiento) y, quizás la actual crisis del sector constituya una coyuntura económica favorable para el replanteamiento de muchas formas de hacer, hacia otras más adecuadas.

Bibliografía

1. Comisión Permanente del hormigón, "Instrucción de Hormigón Estructural EHE", Ministerio de Fomento, Madrid, Diciembre de 2008.
2. Marí, A., Rodríguez García F. "Aspectos relevantes de la futura EHE y criterios básicos para su elaboración", Rev. Nivell, no.9, Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials (CECAM), Girona, Enero de 2008.
3. Rodríguez, F. "Editorial", Prologo al número monográfico sobre contribución a la sostenibilidad de las estructuras de hormigón, Cemento-Hormigón, No. 913, Año LXXIX, Madrid, Abril de 2008.
4. Rodríguez, F. "El medio ambiente y la sostenibilidad en la nueva Instrucción de Hormigón Estructural", II Jornadas Técnicas de la fundación Miquel Llabrés Feliu sobre "Sostenibilidad en la Construcción", UIB, Palma de Mallorca, Mayo de 2008.
5. Ferrer-Balas, D., Mulder, K.F (Guest eds.) (2005). *Engineering education in sustainable development*. International Journal of Sustainability in Higher Education, Vol. 6., N. 3.
6. Marí, A., "Educar para la Sostenibilidad en el ámbito de la Ingeniería", II Jornadas de Enseñanza del Hormigón Estructural, ACHE, Noviembre 2007.
7. Jowitt, P. (2004) 'Sustainability and the formation of the civil engineer', Proceedings of the Institution of Civil Engineers, N.157, pp. 79-88.
8. Maydl, P. (2004) "Sustainable Engineering: State of the Art and Prospects", Structural Engineering Internacional, Vol.14, No3, August 2004.