

# INGENIERÍA CIVIL PARA UN MUNDO SOSTENIBLE



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**

*Editor: Juan Cagiao Villar*

**COLECCIÓN INGENIERÍA CIVIL N.º 4**

Portada:

Antonio Fernández Pérez

Edición:

FUNDACIÓN INGENIERÍA CIVIL DE GALICIA

© De esta edición:

FUNDACIÓN INGENIERÍA CIVIL DE GALICIA

Realización gráfica:

Tórculo Artes Gráficas  
Pza. Maestro Mateo, 9  
A Coruña

I. S. B. N.: 978-84-613-3962-4

Depósito legal: C 3165-2009

# PRÓLOGO

---

## El nuevo marco: el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)

En el acuerdo de Bolonia y los correspondientes a las siguientes reuniones, Praga, Berlín, Bergen y Londres, se reflejan unos acuerdos que únicamente atienden a temas de convergencia europea hacia un espacio común, o al menos comparable, de enseñanza superior, y no entran en temas específicos ni curriculares. Sin embargo, la obligada modificación que dichos acuerdos imponen a nuestros planes de estudios supone una oportunidad estratégica para modificar a fondo algunos conceptos básicos que, o bien no se contemplan en los actuales recorridos curriculares de nuestras Escuelas, o bien se plantean de una forma tangencial y casi anecdótica.

Uno de estos conceptos es el de la sostenibilidad, contemplado desde todos los puntos de vista: el desarrollo sostenible, la sostenibilidad como base y guía de la actividad constructiva, y la sostenibilidad de los propios planes de estudios.

## ¿Qué se entiende por desarrollo sostenible?

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) marca un punto inicial en el año 1980 con su “Estrategia para la Conservación del Mundo: conservación de los recursos biológicos para el desarrollo sostenible, definiendo el uso sostenible de los ecosistemas: *“deberíamos utilizar las especies y los ecosistemas a los niveles y del modo que se les permita renovarse de todos los modos indefinidamente”*, y el propio término de desarrollo sostenible como *“el desarrollo que permita alcanzar una satisfacción duradera de las necesidades humanas y mejorar la calidad de la vida humana”*.

Así, a mediados de los años 80 va tomando cada vez más fuerza la idea de sostenibilidad, tanto desde la perspectiva académica de los economistas como desde la perspectiva de los ambientalistas.

El año 1987 se considera un hito en la literatura del desarrollo sostenible porque se presenta en la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo el documento “Nuestro Futuro Común” (Informe Brundtland). En este documento se define por primera vez de forma general el concepto de desarrollo sostenible como *“el desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para*

## *Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible*

*satisfacer las suyas*". Esta fecha posee valor de referencia ya que se considera que éste es el primer documento importante de la agenda internacional del desarrollo en donde el desarrollo sostenible se plantea como meta: *"estamos viendo que se requiere un nuevo modelo de desarrollo, uno que suponga un progreso humano sostenido no solamente en unos pocos lugares para unos pocos años, sino para todo el planeta en un futuro lejano"*.

Esta definición incorpora dos conceptos clave: el concepto de "necesidades", en particular las necesidades esenciales de los más pobres del mundo, a los que debe concederse la mayor prioridad, y la idea de "limitaciones" impuestas por el estado de la tecnología y la organización social sobre la capacidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras. El hecho es que todavía muchos de nosotros vivimos por encima de la capacidad ecológica del mundo, por ejemplo, en nuestro modelo de uso energético.

El desarrollo sostenible requiere la promoción de valores que promuevan los estándares de consumo que están dentro de los límites de lo ecológicamente posible y a los cuales todos podamos razonablemente aspirar.

Desarrollo sostenible es uno de los términos en donde la confluencia de diferentes disciplinas, como la ecología, la economía, la ética, la política, la sociología, las ingenierías y la arquitectura, el derecho o la cultura, etc., están marcando facetas diferenciadas, facetas que guardan relación con la perspectiva propia de cada disciplina. Así, como expone Font: *"las diferentes disciplinas que se han ocupado de conceptualizar el desarrollo sostenible se interesan por cuestiones de diversa índole: la perspectiva ecológica pone el acento en la necesidad de mantener la biodiversidad y los ecosistemas; la economía se interesa, entre otras cuestiones, por la internalización de las externalidades; el discurso ético recurre a principios filosóficos universales, y la ciencia política se preocupa por la gobernabilidad y la justicia distributiva"*.

La evolución del paradigma de desarrollo sostenible se inicia verdaderamente entre los años 50 y 60, centrado, desde una perspectiva puramente económica, en el crecimiento y en el incremento de la producción. Posteriormente, en los años 70, se incorpora la dimensión social, cuyos objetivos fundamentales son proveer un desarrollo más social, reduciendo la pobreza e incrementando la equidad. Más tarde, en los años 80, se incorpora el objetivo ecológico, propiciando unas nuevas pautas de relación con los objetivos económicos, mediante los instrumentos de evaluación ambiental, de las técnicas de valoración y de los procesos de internalización de los costes ambientales en los procesos productivos. La relación entre los objetivos ambientales y los sociales se articula a través de mecanismos de participación pública y consultas, así como un respeto a la diversidad cultural y la pluralidad. Algunos autores están incorporando a sus estudios indicadores de gestión además de los habituales (económicos, sociales y ecológicos). Estos nuevos indicadores están relacionados con la dimensión político-institucional.

La propuesta teórica del desarrollo sostenible tiene implícita, como cabe suponer, una clara dimensión ética; dimensión que puede alcanzar valores tanto colectivos como individuales. Se trata por tanto de un compromiso intrageneracional e intergeneracional que requiere un necesario cambio cultural.

## **El papel del conocimiento científico y de la tecnología en el desarrollo sostenible**

El desarrollo sostenible es una actividad intensiva en conocimiento y puede contemplarse como un proceso de gestión adaptativa y aprendizaje social en el que el conocimiento desempeña un papel central.

El papel del conocimiento y del aprendizaje se debate permanentemente entre la necesidad de agregar informaciones y datos discretos al enorme caudal de los existentes, y la forma en que todos estos nuevos elementos se integran en un marco teórico más amplio que permita el entendimiento del significado de cada parte, pero también del conjunto.

La comunidad académica está cada vez más obligada a aportar soluciones a los problemas de la sostenibilidad. El mensaje de mayor calado que emerge de las discusiones a partir de la Cumbre de Johannesburgo de 2002 es que la comunidad científica tiene que complementar su papel histórico como identificadora de los problemas de la sostenibilidad para trabajar en soluciones prácticas.

Para Clark y Dickson *“la ciencia de la sostenibilidad todavía no es un campo ni una disciplina autónoma, sino, más bien, un escenario vibrante que está aproximando a los académicos y a los técnicos perspectivas globales y locales del norte y del sur, y disciplinas diversas como las ciencias naturales y las sociales, la ingeniería y la medicina. Su enfoque de los temas principales, de los criterios para el control de la calidad y sus integrantes comparten elementos sustanciales, y puede esperarse que sea durante algún tiempo”*.

Un escenario más evolucionado será el que propicie el desarrollo de una forma diferente de “practicar” la técnica. Así, Cash et al. señala que: “el nuevo contrato para la ciencia y la ingeniería que se ha venido reclamando en muchas discusiones sobre la sostenibilidad necesita ser contemplado como un verdadero contrato, no solamente para proyectos o estudios concretos, sino para todas las carreras profesionales”.

## **La sostenibilidad y la ingeniería civil**

En la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992 surgió el programa de las Agendas 21 locales, cuyo principal objetivo es el de conseguir que haya una contribución efectiva desde los ámbitos locales al desarrollo sostenible global: actuar localmente, pensar globalmente.

La puesta en práctica de unas estrategias ambientalmente sostenibles no es una simple cuestión de tecnología o de comprensión ecosistémica, sino una cuestión política, institucional y de articulación y ejecución de una política pública.

En su comunicación “Desarrollo sostenible en Europa para un mundo mejor: estrategia de la Unión Europea para un desarrollo sostenible” (propuesta de la Comisión ante el Consejo

## *Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible*

Europeo de Gotemburgo) la Comisión identifica las principales amenazas a la sostenibilidad en Europa y propone una estrategia centrada de manera prioritaria en ellas. Parte importante de estas amenazas a la sostenibilidad guardan una evidente relación con la construcción y gestión de las infraestructuras, el transporte, la construcción y el urbanismo, entre otros. En todos estos frentes el ingeniero de caminos, canales y puertos tiene competencias profesionales y debe por tanto ser consciente de estas amenazas y actuar en consecuencia. Así por ejemplo, en el ámbito de las ciudades, el papel del ingeniero de caminos municipal resulta cada vez más importante en su buen gobierno. Abarca diversas funciones, desde el urbanismo en general, el transporte metropolitano y el tráfico que genera, la gestión de residuos, el medio ambiente urbano, hasta el diseño, materialización y gestión de las distintas redes de servicios como las de abastecimiento y saneamiento, gas, energía, comunicaciones, etc. El planteamiento global por el que se debe regir la concepción y gestión de estos servicios es lógicamente el de la sostenibilidad de los mismos.

Como consecuencia, el ingeniero de caminos, canales y puertos ha de:

1. Pensar en clave de sostenibilidad (protección ambiental, cohesión social y productividad económica) como concepto añadido a los tradicionales de eficiencia, salud, seguridad, durabilidad, economía, etc.
2. Conseguir la información accesible y creíble de los atributos de sostenibilidad de los productos y materiales que selecciona.
3. Tener la confianza para hacer los juicios de valor y comprender mejor las implicaciones éticas de sus decisiones.

En este sentido, el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos aprobó en el año 2002 (año europeo del desarrollo sostenible) una declaración relativa al Compromiso Ético con el Desarrollo Sostenible que consideramos de un gran interés y que indica, entre otras cosas las siguientes:

*“Las funciones de planificación, diseño, ejecución y explotación de infraestructuras, objeto principal de la actividad profesional de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, tienen una incidencia mayoritaria en el medio ambiente y deben ser realizadas con una visión integrada del medio natural y de los factores sociales y económicos, pues, en definitiva, el encaje de estas tres dimensiones (medio natural, dimensión social y dimensión económica) constituye el Desarrollo Sostenible y, en particular, la ingeniería civil sostenible.”*

Y desde el punto de vista que nos ocupa, el formativo, el Colegio afirma:

*“En el campo de la formación, el Colegio apoyará la inclusión de los conocimientos generales y específicos sobre la sostenibilidad, dentro de la educación en la Universidad. Asimismo, facilitará conceptos estratégicos y éticos sobre el quehacer durable en la formación permanente de los ingenieros a lo largo de su vida profesional, y apostará por la investigación y la innovación en materia de sostenibilidad.”*

## La sostenibilidad y la universidad

A pesar de las evidencias y de las buenas intenciones, el concepto de sostenibilidad global era hasta hace relativamente poco tiempo extraño a la formación universitaria. La primera actuación de cierta envergadura en esta línea fue, en opinión de los autores, la creación en la Universitat Politècnica de Catalunya de la Cátedra UNESCO de sostenibilidad creada en 1996 por convenio entre la Universidad, el Gobierno Autónomo y la UNESCO. Con anterioridad ya se había venido hablando de la imperiosa necesidad de introducir estos conceptos como básicos de la formación universitaria moderna. Por ejemplo, la declaración de Talloires de Rectores de Universidades para un Futuro Sostenible de 1990 recoge que: *“las universidades y las instituciones equivalentes de educación superior capacitan a las generaciones futuras de ciudadanos y de expertos en todos los ámbitos de la investigación, tanto en los aspectos tecnológicos como en las disciplinas de las ciencias naturales, humanas y de la ciencia social. Consecuentemente es su responsabilidad extender el pensamiento medioambiental y promover prácticas ambientalmente éticas en la sociedad, de acuerdo con los principios presentes en la Carta Magna Europea de las Universidades y de las declaraciones siguientes de las universidades, y en la línea de las recomendaciones de la UNCED (Conferencia de las Naciones Unidas en desarrollo y ambientalización) para el desarrollo del educación.”* Posteriormente se suceden distintos acuerdos como la Declaración de Halifax (Canadá 1991), la Declaración de Swansea (Reino Unido, 1993), la Declaración de Kyoto (Japón, 1993), la University Charter for Sustainable Development (Barcelona, 1993) y la Student Declaration for Sustainable Future (Liverpool, 1995). Todas ellas pueden consultarse en la web de Sustainable Development on Campus. Como resumen conciso del pensamiento que se estaba instituyendo en aquella época es paradigmático el breve comentario de la Carta Copérnico de Rectores de Universidades Europeas (CRE) de 1994: *“las universidades educan muchas de las personas que desarrollan y gestionan las instituciones de la sociedad. Por esta razón, las universidades tienen una profunda responsabilidad en incrementar el conocimiento, las tecnologías y las herramientas para conseguir de un futuro sostenible”*.

## La sostenibilidad y los nuevos planes de estudios

Consecuentemente con lo anteriormente expuesto, las universidades y dentro de ellas con mayor razón las escuelas de ingenieros en general y de ingenieros de caminos en particular, han de establecer los mecanismos necesarios para que sus egresados piensen en términos de sostenibilidad. Pero esto no significa exclusivamente la “enseñanza de asignaturas que incidan en los aspectos técnicos, sociales y económicos de la sostenibilidad”. Significa también que la totalidad del plan de estudios debe estar diseñado desde el punto de vista de la sostenibilidad curricular. Como hemos indicado anteriormente, esta cuestión fue tratada a fondo por la CRUE (Conferencia de Rectores de Universidades Españolas). En ese documento se establece que los profesionales del futuro han de ser capaces de:

1. Comprender cómo su actividad profesional interactúa con la sociedad y el medio ambiente, local y globalmente, para identificar posibles desafíos, riesgos e impactos.

## *Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible*

2. Entender la contribución de su trabajo en diferentes contextos culturales, sociales y políticos y como éstos afectan al mismo y a la calidad ambiental de su entorno.
3. Trabajar en equipos multidisciplinares, para dar solución a las demandas impuestas por los problemas socio ambientales derivados de los estilos de vida sostenibles, incluyendo propuestas de alternativas profesionales que contribuyan al desarrollo sostenible.
4. Aplicar un enfoque holístico y sistémico a la resolución de problemas socio ambientales y la capacidad de ir más allá de la tradición de descomponer la realidad en partes inconexas.
5. Participar activamente en la discusión, la definición, diseño, implementación y evaluación de políticas y acciones tanto en el ámbito público como privado, para ayudar a redirigir la sociedad hacia un desarrollo más sostenible.
6. Aplicar los conocimientos profesionales de acuerdo con principios deontológicos y valores y principios éticos universales.
7. Recoger la percepción, demandas y propuestas de los ciudadanos y permitir que tengan voz en el desarrollo de su comunidad.

Para formar estos profesionales es necesario:

1. La revisión integral de los currícula desde la perspectiva del Desarrollo Sostenible que asegure la inclusión de los contenidos transversales básicos en sostenibilidad en todas las titulaciones, con el fin de adquirir las competencias profesionales, académicas y disciplinares necesarias. Lo anterior debe lograrse mediante el reconocimiento académico cuantificable de contenidos generales de sostenibilidad para todas las titulaciones y de contenidos específicos adaptados al contexto de cada titulación.
2. La inclusión de criterios de sostenibilidad en los sistemas de evaluación de la calidad universitaria.

Si nos fijamos en la titulación de ingeniero de caminos, canales y puertos, que, como dijimos antes, es una de las que forma profesionales con mayor incidencia en la consecución de estos principios, creemos que a corto plazo se debería fomentar:

1. Acciones de capacitación del profesorado que les capaciten para la inclusión de conceptos sobre sostenibilidad en sus asignaturas.
2. La introducción en las enseñanzas prácticas de procedimientos correctos desde los puntos de vista medioambientales y de prevención de riesgos.
3. La inclusión de itinerarios de especialización en sostenibilidad específicos para la titulación.
4. Acciones de educación ambiental no curricular que complementen la formación del estudiante, en forma de seminarios, jornadas, mesas de trabajo, voluntariado, etc. y que puedan tener valor en créditos de libre elección.



## Prólogo

5. La elaboración de recursos y materiales de apoyo a la sostenibilización curricular.
6. La incorporación de asignaturas relacionadas con el cambio climático y los desastres naturales (gestión de situaciones y condiciones extremas).
7. La evaluación de los proyectos de fin de carrera y tesinas de licenciatura desde una perspectiva de la sostenibilidad, así como una oferta específica de carácter sostenibilista.
8. La promoción de actividades de investigación (proyectos, tesis,) encaminadas a mejorar los conocimientos técnicos del desarrollo sostenible en la rama de la ingeniería civil.

Pero las lecciones en desarrollo sostenible debe continuar una vez que el ingeniero sale de la escuela, en el ejercicio profesional, y por ello a la labor docente en la escuela debe ir sumada una acción por parte del colegio en la misma línea reforzando las buenas prácticas en ética y valores.

En definitiva, la sostenibilidad empieza por pensar en clave de sostenibilidad. Debe convertirse en un modo de vivir, de entender el mundo, de proyectar desarrollo. La Universidad, y la Escuela de Ingenieros de Caminos dentro de ella, a través de las distintas disciplinas, tienen la obligación moral de comunicar, transmitir, compartir esta enseñanza. Se trata de un compromiso supranacional con la sociedad y con el entorno. Desde el punto de vista de la formación universitaria, la sostenibilidad, tanto en la educación como luego en el diseño y el desarrollo de políticas globales y sectoriales, debe ocupar el escalón más elevado.

La ingeniería civil y la arquitectura son las disciplinas que más inciden en la transformación del medio en el que vive el hombre, creando lugares artificiales como los sistemas de ciudades y sus redes de comunicación, y es por ello que deben ser conscientes de la necesidad de fomentar un desarrollo armónico basado en una ética de la tierra, es decir, comprometida con conservar el lugar natural heredado, incluso mejorarlo.

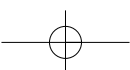
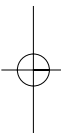
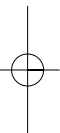
Los ingenieros de caminos deben salir de la Escuela con una formación sólida y comprometida con el desarrollo sostenible para que puedan transmitir esa forma de hacer a las empresas en las que desarrollen su trabajo. La implementación de un “modus operandi” sostenible debe abordarse de un modo técnico, es decir, debe poderse medir y evaluar, aunque su origen sea ideológico. Las ideas sin la técnica no son nada, y a la inversa, de modo que los especialistas, nuestros ingenieros, han de serlo simultáneamente en uno y otro aspecto.

**Manuel Casteleiro Maldonado**

*Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

**Juan Cagiao Villar**

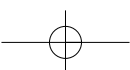
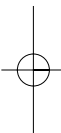
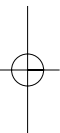
*Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*



# ÍNDICE

---

Capítulo 1	
<b>LA INFLUENCIA DEL TERRITORIO Y SU BIODIVERSIDAD EN LAS POLÍTICAS DE PLANIFICACIÓN DE LA OBRA PÚBLICA EN ESPAÑA</b> .....	<b>13</b>
Capítulo 2	
<b>UN NUEVO URBANISMO PARA ABORDAR LOS RETOS DE LA SOCIEDAD ACTUAL</b> .....	<b>49</b>
Capítulo 3	
<b>EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA. UN INSTRUMENTO PARA LA INTRODUCCIÓN DE CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN LA PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO</b>	<b>85</b>
Capítulo 4	
<b>NATURALEZA, CAMINOS, CANALES Y PUERTOS</b> .....	<b>101</b>
Capítulo 5	
<b>ENERGÍA EN EL SIGLO XXI</b> .....	<b>119</b>
Capítulo 6	
<b>LA EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE. EJE DE LA TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO HUMANO</b>	<b>155</b>
Capítulo 7	
<b>HORMIGÓN CON ÁRIDOS RECICLADOS</b> .....	<b>173</b>
Capítulo 8	
<b>APLICACIONES DE LOS MODELOS MEDIOAMBIENTALES</b> ...	<b>183</b>



**CAPÍTULO**  
**6****LA EDUCACIÓN PARA EL  
DESARROLLO SOSTENIBLE****EJE DE LA TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO HUMANO****AGUSTÍ PÉREZ-FOGUET***Profesor Titular de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales  
y Puertos de la Universidad Politécnica de Cataluña***RESUMEN**

En el siguiente texto se presentan algunos elementos para la reflexión sobre las propuestas de educación para el desarrollo en entornos politécnicos. Específicamente se discute el concepto de *Tecnología para el Desarrollo*, entendido desde una interpretación del desarrollo en términos de *Desarrollo Humano* y de la tecnología desde una perspectiva propia del campo de la *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. La propuesta se basa en las experiencias desarrolladas desde diversas universidades españolas desde mediados de los años 90, específicamente de la práctica y el análisis de actividades de *Educación para el Desarrollo* en entornos politécnicos.

Los dos conceptos (*Tecnología para el Desarrollo Humano*, TDH, y *Educación para el Desarrollo*, ED) se sitúan en el origen de los materiales docentes que siguen a este texto. El proyecto de innovación que ha permitido su recopilación, impulsado gracias a la *Agencia Catalana de Cooperació per al Desenvolupament*, tiene sus raíces en este marco conceptual.

La propuesta se inicia con una breve exposición de los diferentes actores vinculados con la tecnología en la esfera internacional. A continuación se resume la propuesta de la TDH y se exponen los planteamientos del PNUD, la UNESCO y los Objetivos de Desarrollo del Milenio en relación a la tecnología; posteriormente se profundiza y se detallan líneas de actuación de la TDH en el ámbito de la *Cooperación para el Desarrollo*, para finalizar con una reflexión sobre como la ED se sitúa como eje de la propuesta de TDH.

## Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

### 1. EL CONTEXTO INTERNACIONAL

El papel de la tecnología en los ámbitos del desarrollo y la cooperación internacional ha incrementado su visibilidad, y probablemente, su reconocimiento desde inicios del nuevo siglo. Sirvan de ejemplo los informes anuales de instituciones gubernamentales que destacan el papel de la ingeniería a la hora de analizar el estado del mundo desde la perspectiva del desarrollo (*Poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano* del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, del 2001 y *Servicios para los pobres* del Banco Mundial, 2004). El informe de la UNESCO *Ingeniería para un mundo mejor* (2003) y el del InterAcademy Council (2004) *Inventar un futuro mejor*, apuntan en direcciones parecidas, al igual que el trabajo del equipo de Ciencia, Tecnología e Innovación del proyecto Millenium de la ONU *Innovación: aplicar el conocimiento al desarrollo* (2005) que analiza cómo la tecnología, las infraestructuras y la ingeniería pueden contribuir a conseguir los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Por otra parte, también en el ámbito internacional, tanto Organizaciones No Gubernamentales para el Desarrollo (ONGD) relacionadas con la ingeniería, como asociaciones profesionales, han incrementado en los últimos años su labor a favor de la promoción del desarrollo humano y de la reducción de la pobreza. Entre las ONGD destaca el Grupo de Desarrollo de Tecnologías Intermedias, Practical Action – ITDG, [www.itdg.org](http://www.itdg.org), nacido en los años 60, Ingeniería Sin Fronteras, ISF/EWB, nacida en Francia en los 80, [www.isf-france.org](http://www.isf-france.org), en España en los 90, [www.isf.es](http://www.isf.es), y desde el cambio de siglo en diversos países más, ver [www.ewb.ca](http://www.ewb.ca) y [www.ewb-international.org](http://www.ewb-international.org) entre otros enlaces. Destacan otras propuestas como Ingenieros por un Mundo Sostenible, [www.esustainableworld.org](http://www.esustainableworld.org), Ingenieros Registrados para el Desarrollo y la Emergencia, [www.redr.org](http://www.redr.org), e Ingenieros Contra la Pobreza, [www.engineersagainstopoverty.org](http://www.engineersagainstopoverty.org), o la fusión entre Voluntarios en Asistencia Técnica y Tecnologías Apropriadas Internacional, [www.enterpriseworks.org](http://www.enterpriseworks.org). Dentro de las asociaciones profesionales destaca la Federación Mundial de Organizaciones de Ingenieros, FMOI/WFEO, creada también a finales de los 60, con un nuevo Comité permanente impulsado desde mediados del 2004 sobre Desarrollo de Capacidades, [www.wfeo.org](http://www.wfeo.org), o la Institución de Ingeniería Civil del Reino Unido, ICE-UK, [www.ice.org.uk](http://www.ice.org.uk), a través de la comisión presidencial Ingeniería Sin Límites, EWF, impulsada desde finales del 2003. Las diferentes organizaciones citadas mantienen puntos de contacto y de trabajo en red, gracias, entre otros factores, al rol de facilitador asumido por la UNESCO, destacando el primer encuentro celebrado en París en mayo del 2005.

Con todo, las diferencias en la concepción del paradigma de desarrollo, así como en las estrategias prácticas de desarrollo de capacidades tecnológicas, provocan que, pese al alto grado de actividad, el impacto de la aportación desde las ingenierías en las políticas globales sea más reducido de lo que podría parecer, existiendo una amplia percepción social de que las aportaciones tecnológicas participan más de los *problemas* que de las *soluciones* del mundo. Con el objetivo de superar esta situación, o al menos participar activamente en el debate, a continuación se incide en la propuesta de la Tecnología para el Desarrollo Humano (TDH), presentando planteamientos del PNUD, la UNESCO y los Objetivos de Desarrollo del Milenio en relación a la tecnología. Con posterioridad se centra el análisis en el papel de la TDH en

## *La educación para el desarrollo sostenible*

el ámbito de la Cooperación para el Desarrollo, finalizando con una reflexión sobre como la Educación para el Desarrollo constituye un eje central de la misma.

## **2. TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO HUMANO**

El concepto toma como referencia el paradigma del Desarrollo Humano (DH) impulsado por el PNUD desde principios de los años 90, y una interpretación amplia de la Tecnología, basada en las propuestas del campo académico de estudio de Ciencia, Tecnología y Sociedad, Pérez-Foguet *et al.* (2005b). La propuesta TDH representa una actualización/revisión de la idea de Tecnologías Apropriadas, término que se hizo muy popular durante los 70, y que ha sido cuestionado en algunos foros por su uso en un sentido excesivamente reduccionista.

El vínculo explícito entre tecnología y desarrollo humano puede argumentarse de diversas formas. La más inmediata es que dado que la tecnología está directamente relacionada con el modelo de desarrollo, es posible (¿y éticamente necesario?) orientarla hacia la promoción del desarrollo en términos de desarrollo humano. No existe una correlación relación directa entre crecimiento económico y desarrollo o, desde otro punto de vista, es posible el crecimiento y el aumento de la extrema pobreza y desigualdad, por tanto, la tecnología debe orientarse directamente al servicio del desarrollo, superando el enfoque lineal clásico: Progreso tecnológico que implica progreso económico y este a su vez progreso social. A este respecto destaca el enfoque presentado por el PNUD en el informe del 2001 donde se presenta un doble círculo virtuoso. Las innovaciones tecnológicas afectan doblemente al desarrollo humano. Por un lado, elevan de modo directo las capacidades humanas gracias a sus aportaciones en diferentes sectores como la salud, la educación, etc., y, por otro, constituyen un medio para lograr el desarrollo gracias a sus repercusiones positivas en el crecimiento económico. A su vez, el desarrollo humano es un medio crucial para potenciar el desarrollo tecnológico, debido a su vocación de aumento de capacidades. Por consiguiente, el desarrollo humano y los avances tecnológicos se refuerzan mutuamente, con lo que se crea un primer círculo virtuoso. Por otro lado, la relación entre progreso tecnológico y crecimiento constituye un segundo círculo virtuoso que potencia al primero a través de los efectos directos del crecimiento económico sobre el desarrollo de capacidades.

La tecnología puede relacionarse de otras formas con el paradigma del desarrollo humano, siendo una de ellas la relectura de las propuestas tecnológicas en relación con las dimensiones que caracterizan el desarrollo humano Pérez-Foguet *et al.* (2005b): Tecnologías que permiten cubrir los derechos y servicios básicos con equidad (vinculables a la esperanza de vida recogida en el Índice de Desarrollo Humano, IDH); las tecnologías que permiten asegurar las posibilidades de producción y participación social (vinculables al acceso a recursos presente el IDH, entendidos éstos como medios para desarrollar una vida digna); y las tecnologías que facilitan la sostenibilidad y la autonomía (vinculables al aumento de la educación recogida en el IDH, y entendida ésta como aumento en la capacidad de gestión de conocimientos sobre el medio físico, social, cultural, tecnológico...).

Es posible relacionar también tecnología con pobreza. Como dice el informe del PNUD de 1998: “existe una particular necesidad de tecnologías que satisfagan las necesidades de los po-

## *Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible*

bres”. En ese mismo informe se puede apreciar que junto a las medidas políticas, sociales o jurídicas, aparecen propuestas tecnológicas para diversos problemas relativos a la pobreza. Así, las tres dimensiones de los índices de pobreza humana propuestos por el PNUD pueden relacionarse directamente con la tecnología. La pobreza de ingreso parece la más evidente, a través de la mejora de los procesos productivos, las infraestructuras económicas, etc. Que pueden revertir en la mejora de la situación económica. Pero las otras dos son también relevantes. Por un lado, la tecnología es la clave del aseguramiento de muchos de los servicios comunitarios básicos que se sustentan en redes de infraestructuras: agua potable, comunicaciones, electricidad, etc.; y por otro, destaca como la tecnología puede mejorar la vida gracias al aumento de las capacidades de las personas para su participación creativa y rentable en la sociedad. Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) pueden ser cruciales para vertebrar una sociedad aislada: para generar capacidades de acceso a posibilidades económicas, para acceder a servicios públicos, fomentar la participación y generar sensación de pertenencia (inclusión), etc.; pueden igualmente, ser muy importantes para mejorar los servicios sociales básicos, educación y sanidad. Por último, a este respecto, nótese que si en vez de centrarnos en el enfoque de la pobreza, tomamos alguna de las teorías de las necesidades humanas, es también inmediato ver la relación directa de las necesidades humanas con la tecnología: necesidades de subsistencia, de protección, de participación...

Tras la breve reflexión inicial sobre los vínculos de la tecnología con desarrollo humano y pobreza, a continuación se destacan algunos de los principales puntos de referencia internacional en los que situar la propuesta de TDH. Se presenta el primer lugar un resumen de las propuestas del PNUD, básicamente en relación a su informe anual del año 2001. Posteriormente se presentan las principales líneas de trabajo de UNESCO relativas al sector de la tecnología. Este segundo punto de referencia se considera especialmente importante por el papel de UNESCO en relación a la educación universitaria, aunque varía su enfoque, en relación al del PNUD, más hacia el paradigma del desarrollo sostenible que hacia el del desarrollo humano. Por último se incluyen propuestas elaboradas en relación a los Objetivos de Desarrollo del Milenio que aportan un punto de vista complementario y más operativo sobre tecnología, pobreza y desarrollo.

### **3. INDICADORES Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DESDE EL PNUD**

El informe del PNUD de 2001 se presentan dos indicadores relativos a las capacidades en relación al adelanto tecnológico: El Índice de Adelanto Tecnológico (IAT) y los Nodos de Innovación Tecnológica (NIT). Además describe con detalle tres aspectos clave de la relación de la tecnología con la sociedad del siglo XXI desde una perspectiva de promoción del desarrollo humano: Los vínculos circulares ya comentados con el crecimiento económico y el desarrollo humano, los profundos cambios sufridos con relación a la difusión del conocimiento y la gestión de los riesgos asociados al adelanto tecnológico.

El IAT refleja la capacidad de una sociedad de participar en el proceso de innovación tecnológica actual. Se define a partir de los logros de una sociedad en: Creación de tecnología, según el volumen de patentes e ingresos del extranjero por derechos de explotación; difusión



## *La educación para el desarrollo sostenible*

de innovaciones recientes, a través del número de nodos de Internet y del porcentaje de las exportaciones en alta tecnología; difusión de innovaciones antiguas, con arreglo al acceso a comunicación telefónica y al consumo eléctrico; y capacidad de adquirir y desarrollar conocimientos especializados, en términos de media de escolarización y de tasa bruta de matrícula terciaria (en ciencias e ingenierías). Por otro lado los NIT son los lugares donde existe la capacidad para crear tecnología, que se relacionan con la capacidad de las universidades, la presencia empresarial y la estabilidad económica, el dinamismo de la población para crear nuevas empresas, y la disponibilidad de capital para ello.

Es destacable que la brecha que separa los países ricos de los pobres no se limita a las nuevas tecnologías, siendo aun muy importante en las llamadas tecnologías maduras (aquellas que se vienen aplicando y perfeccionando desde hace varias décadas y que han sido ampliamente probadas). Adicionalmente, las enormes desigualdades que existen no son sólo de acceso a la tecnología, sino también a la educación y aptitudes necesarias para aprovecharla adecuadamente, y, por supuesto, a la capacidad de innovación y financiación.

Por otro lado, los cambios socioeconómicos ligados al proceso de globalización han modificado enormemente los mecanismos de difusión del conocimiento y el progreso tecnológico. Un repaso a la evolución tecnológica de la humanidad constata que cada vez es necesario menos tiempo para que las innovaciones tecnológicas se concreten, situación que se ve ahora acentuada por el desarrollo de las TIC. No sólo en el ámbito de la productividad se pueden encontrar ejemplos de la aceleración de los procesos de difusión, sino también en los indicadores de desarrollo humano, como el aumento de la esperanza de vida, muchas veces relacionados con los adelantos tecnológicos.

La revolución tecnológica y la globalización están configurando la “era de las redes” y están cambiando el modo en que se crea y se difunde la tecnología. La era de la industria se estructuró en torno a organizaciones verticales, con altos costos en transporte, información y comunicación, en cambio la era actual se estructura en vínculos horizontales basados en la competencia y la colaboración. En este nuevo contexto, para que los países pobres puedan aprovechar las nuevas oportunidades que se generan, es necesario que adecuen sus políticas para sacar provecho de las siguientes condiciones: Las cualificaciones son más importantes que nunca en el mercado mundial; ha surgido un mercado laboral mundial para los mejores profesionales de la tecnología; las nuevas normas mundiales que valorizan la tecnología cobran cada vez mayor importancia; el sector privado está a la vanguardia de la investigación y el desarrollo mundiales; y las empresas, los laboratorios de investigación y los medios financieros están convergiendo en nuevos nodos mundiales de innovación.

La movilidad de los científicos más capacitados y otros profesionales suponen una oportunidad única para los países pobres ya que la fuga de cerebros puede generar una diáspora que proporciona contactos empresariales y financieros. Aunque, por desgracia, esta oportunidad no se aprovecha adecuadamente y las inversiones en educación que efectúan los países pobres subsidian las economías de países industrializados. La reducción de la brecha digital tal vez pueda fomentar las redes horizontales de manera que los países del Sur sí puedan aprovechar en el futuro los cuadros mejor formados que emigran al extranjero.

## *Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible*

Por otro lado es necesario destacar que el mercado es un poderoso impulsor del progreso tecnológico, pero es insuficiente para crear y difundir las tecnologías necesarias para erradicar la pobreza. Las finanzas están concentradas en manos de las empresas transnacionales que operan atendiendo al mercado mundial, el cual está dominado por consumidores de altos ingresos. Los pobres, aunque son muchos, tienen escaso poder adquisitivo y resultan, en general, un mercado menos apetecible. Curiosamente existen diversos ejemplos de empresas transnacionales que son capaces de operar en contextos de pobreza (algunas marcas de refrescos consiguen estar presentes en prácticamente todo el planeta), pero las propuestas comercializadas responden más a las necesidades de los consumidores ricos que a las de los pobres. Así, la situación creada lejos de reducir la pobreza favorece la creación de necesidades añadidas y aumenta la dependencia.

Respecto el progreso tecnológico destacamos, por último, que entraña multitud de riesgos que es necesario evaluar y gestionar. Algunos riesgos son a escala mundial, como los asociados a la genética y la bioingeniería, pero otros son de un ámbito más específico y local, como los medioambientales. Los problemas relativos a la tecnología suelen ser resultado de políticas deficientes, reglamentaciones inadecuadas y falta de transparencia. En este contexto la mayoría de los países pobres está en desventaja ya que carecen de las políticas e instituciones necesarias para gestionar correctamente los riesgos del progreso tecnológico, así como de capital, capacidades y entornos institucionales adecuados como para variar el rumbo del progreso tecnológico, por lo que en realidad están obligados a gestionar riesgos de un proceso en el que participan fundamentalmente como consumidores. Para favorecer una adecuada gestión de los riesgos asociados al progreso tecnológico, es indispensable la presencia de profesionales y técnicos que adapten el uso tecnológico a la realidad de los ámbitos locales, crear un sistema reglamentario global, creíble y eficaz, y financiar adecuadamente el establecimiento y mantenimiento de los marcos reglamentarios locales.

## **4. APROXIMACIÓN A LAS PROPUESTAS DE UNESCO**

Un primer aspecto que merece la pena destacar en relación con la UNESCO es su Clasificación de materias, ampliamente utilizada para referenciar áreas de investigación y actividades universitarias. Esta clasificación permite tener una visión amplia de las diferentes áreas de conocimiento específicamente ligadas con la tecnología. A este respecto destacan los códigos que empiezan por 33, descriptor relativo a Ciencias Tecnológicas y que incluye la mayoría de materias relacionadas con la ingeniería, el 3102, específico para Ingeniería Agrícola (en el 31 Ciencias Agrarias), el 5306 sobre Economía del cambio tecnológico (dentro de 53 Ciencias económicas), y el 6201 sobre Arquitectura (en 62 Artes y letras).

La UNESCO despliega su acción en los siguientes temas: Educación, Ciencias Naturales y Exactas, Ciencias Humanas y Sociales, Cultura, Comunicación e Información y Temas especiales. A continuación, se exponen los puntos de cada uno de ellos más relacionados con la tecnología y el desarrollo humano.

- **Educación.** Dentro de la parte dedicada a Educación científica y técnica destaca el objetivo de promover educación y capacidad de desarrollo en ciencia, tecnología y me-

## *La educación para el desarrollo sostenible*

medioambiente. En un mundo donde cada aspecto de la vida es cada vez más dependiente del progreso técnico y científico, promover la capacidad de desarrollo y educación en ciencia y tecnología es indispensable para todas las naciones, no solo para lograr un desarrollo sostenible, sino para crear una ciudadanía capaz de participar realmente en democracia. Específicamente en Tecnología se centra en concienciar sobre la necesidad de identificar y fomentar el uso de “tecnologías indígenas” en sus estados miembros, adecuando sus estrategias políticas y el desarrollo de materiales específicos de enseñanza-aprendizaje. Respecto al medioambiente se centra en la educación formal y no formal, así como, educación técnica y vocacional.

– **Ciencias Naturales y Exactas.** Destaca el área de Ciencias básicas y ciencias de la ingeniería, que incluye: química, energía, ingeniería, ciencias naturales, matemáticas, física, investigación del SIDA, educación científica y ciencia-y-mujeres. Desarrollar capacidades en ciencia e ingeniería implica compartir información, innovación, educación interdisciplinaria y práctica basado en los objetivos del milenio, incluyendo una cultura de mantenimiento. Los esfuerzos se centran en el desarrollo de los recursos humanos, a mayor escala el uso de energías renovables y un énfasis especial en el desarrollo de los países y pequeños estados isla. Destaca, en referencia a la energía, que la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible ha situado la promoción de las energías renovables y sostenibles en situación prioritaria en la agenda internacional. Los esfuerzos se dirigen hacia el desarrollo de los recursos humanos ajustados a su promoción a mayor escala, la diversificación y la eficiencia, con énfasis en mejorar las condiciones de vida en las áreas rurales de los países pobres. Esto implica el diseño de plataformas de formación, la elaboración y difusión de materiales de enseñanza-aprendizaje, la introducción de programas en todos los niveles educativos y el establecimiento de estándares y certificación de centros de excelencia. Al mismo tiempo, se destaca que debe apoyarse la definición de estrategias nacionales y la experimentación de proyectos piloto. En lo que se refiere a ingeniería y tecnología en general se destaca que la visión y la estrategia necesita centrarse en las capacidades humanas e institucionales, la innovación, la aplicación y la promoción de la ciencia y tecnología para un desarrollo social y económico sostenible y la erradicación de la pobreza.

– **Ciencias Humanas y Sociales.** En el área de Fenómenos urbanos destaca el programa de Desarrollo Urbano cuyo objetivo se centra en promover políticas públicas urbanísticas que respeten, protejan y promuevan “el derecho a la ciudad”. El trabajo se basa en el desarrollo de conocimiento interdisciplinario y la búsqueda comparativa, así como en el desarrollo de capacidades de los profesionales urbanistas y los gobiernos nacionales y locales al respecto. El programa se centra en los siguientes temas: El derecho a la ciudad; Desarrollo urbano y transformaciones sociales; Sostenibilidad social de distritos antiguos; Gobernabilidad urbana y participación y Desarrollo de capacidades de los urbanistas.

– **Comunicación e Información.** El uso de las tecnologías de la información y la comunicación en y para la educación se ha expandido rápidamente en muchos países, y es ahora ampliamente visto tanto como una necesidad como una oportunidad. Se da prioridad al uso de las TIC para un desarrollo más equitativo y plural en educación, aunque

## Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

al abordar este tema han surgido varias cuestiones: Debe destacarse que las TIC son solo parte de un continuo de tecnologías que dan apoyo y enriquecen el aprendizaje, y que empieza con la tiza y los libros. Se destaca también que intervienen diversas cuestiones éticas y legales en el uso extendido de las TIC en educación: propiedad del conocimiento y respecto a la diversidad cultural entre otras.

Y, por último, dentro de la parte de *Temas especiales* destacamos los relativos a *Recursos Hídricos y Desarrollo sostenible*. En relación al primero destaca la promoción de acceso a la información sobre agua dulce, a través de su propia web, el impulso del Programa Hidrológico Internacional (PHI) y la participación en el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). Y en relación al desarrollo sostenible destaca el papel de UNESCO como responsable de la ONU para la promoción del Decenio de las Naciones Unidas para la Educación con miras al Desarrollo Sostenible (2005-2014). La visión general de UNESCO parte de que la seguridad humana y el alivio de la pobreza son inconcebibles sin un desarrollo sostenible, y que esto requiere que tanto los aspectos ambientales, sociales y culturales como los económicos del desarrollo sean tomados conjuntamente, y las interacciones entre ellos sean mejor entendidas. Entre las actividades de UNESCO en relación a la promoción de la educación para el desarrollo sostenible pueden distinguirse las propias de la organización y las específicamente destinadas a catalizar en el diálogo y la búsqueda de consenso entre diferentes actores internacionales para hacer recomendaciones y fomentar el trabajo en el programa de aplicación del decenio.

## 5. DESARROLLO DE CAPACIDADES EN LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO DEL MILENIO

El año 2000, la Asamblea General de las Naciones Unidas se constituyó en la Cumbre del Milenio con el fin de acordar una serie de objetivos de desarrollo que debieran alcanzarse en el 2015: los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Los objetivos se plasman en ocho objetivos principales y 18 específicos. Las metas marcadas son significativas pero han sido criticados por ya que prácticamente se limita el desarrollo a conseguir la reducción de la pobreza absoluta. Las metas de desarrollo social previstas suponen una mejora en cuestiones tan básicas que por debajo de ellas sólo cabe pensar en una vida no digna de ser llamada humana. Por otro lado olvidan aspectos no materiales del desarrollo como las cuestiones políticas y socioculturales.

Si bien los aspectos tecnológicos no son demasiado explícitos en los objetivos e indicadores, un repaso a los informes de los Equipos de Tareas del Proyecto del Milenio ([www.un-millenniumproject.org](http://www.un-millenniumproject.org)) evidencia cómo la tecnología es reconocida como elemento clave en diversos de los objetivos. Específicamente, el Equipo de Ciencia, Tecnología e Innovación presentó en el 2005 el trabajo *Innovación: aplicar el conocimiento al desarrollo* (Caletous y Yee-Cheong, 2005), donde destaca cómo la tecnología, las infraestructuras y la ingeniería pueden contribuir a conseguir los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Las conclusiones del informe afirman que la solución reside en centrar la atención en un mayor uso de la ciencia y las nuevas tecnologías en los países en desarrollo como forma de reducir la pobreza y el su-

## *La educación para el desarrollo sostenible*

frimiento humanos. El informe contiene una lista de opciones prácticas para que los países promuevan la innovación para el desarrollo, entre los que destaca que los países deben valerse de los proyectos de infraestructura como oportunidades de aprendizaje tecnológico. En todas las etapas de un proyecto de infraestructuras, desde la planificación y el diseño hasta la construcción y el funcionamiento, se aplica una amplia gama de tecnologías y disposiciones institucionales y administrativas afines. Este aprendizaje tecnológico puede fomentar el sector privado y estimular el desarrollo.

Por otro lado, la capacidad de una sociedad de adoptar nuevas tecnologías está vinculada con la calidad de su sistema de enseñanza superior. La enseñanza superior es el eje del proceso de desarrollo; sin embargo, la asistencia a los países pobres suele destinarse principalmente a las escuelas primarias. Adicionalmente, se indica que los gobiernos deben fomentar las actividades empresariales en las esferas de la ciencia, la tecnología y la innovación por medio de adquisiciones gubernamentales e incentivos impositivos, especialmente con vistas a estimular el crecimiento de las empresas pequeñas y medianas; y que debe invertirse, con el apoyo de los países ricos, en investigaciones actualmente insuficientemente financiadas, en esferas de interés especial para los países en desarrollo, como la agricultura, la gestión ambiental y la salud pública. El informe reclama que las organizaciones internacionales y los donantes se centren en la ciencia y la tecnología, y que fortalezcan sus conocimientos técnicos en estos sectores.

## **6. TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO HUMANO EN COOPERACIÓN AL DESARROLLO**

En este apartado se profundiza en la TDH desde la óptica de la cooperación para el desarrollo. Para ello, se parte de las categorías acción – conocimiento – valores, utilizadas en el análisis de la cultura tecnológica (Quintanilla, 1998), para presentar los seis ejes de trabajo que se proponen para la TDH en la cooperación para el desarrollo. Destacamos en el siguiente apartado, entre las acciones situadas en el eje de valores, la ED en el ámbito de la educación superior.

**– Canal operativo (Acción):** *1) Implementar programas de desarrollo dirigidos a cubrir el acceso a los servicios básicos de una manera equitativa y sostenible, promoviendo la seguridad y el empoderamiento de los usuarios finales; 2) definir estrategias y políticas relacionadas con el desarrollo y la tecnología de un modo participativo, así como enmarcar el progreso tecnológico en el respeto a los derechos humanos.*

La urgencia de la intervención en pro del desarrollo humano no permite relegar la TpDH a la teorización y el análisis. Así el primer ámbito de actuación, al menos en ser descrito aquí, es el de la Acción. La constatación de que, acompañando procesos de desarrollo, es posible cambiar la realidad se produce especialmente a través de dos instrumentos, diferentes, aunque íntimamente relacionados: Las acciones directas de acompañamiento de las personas y comunidades más necesitadas en la construcción de su propio desarrollo (dimensión local). Y las acciones indirectas, de influencia en el plano político, destinadas a cambiar el marco de relación entre los distintos actores sociales, tanto en el ámbito local como en el internacional (dimensión global).

## *Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible*

La distinción entre proyectos, programas y estrategias corresponde a distintos niveles de planificación y gestión. Dada la multitud de actores involucrados en los procesos de desarrollo, la existencia de planificaciones generales implícitas no compartidas puede provocar problemas en la ejecución de las acciones concretas – que sí son explícitas. Este aspecto debe ser tenido en cuenta, por ejemplo, mediante la promoción de espacios de reflexión y socialización que involucren a los diferentes actores implicados.

Por otro lado, se pueden diferenciar dos tipos de intervención, en función del liderazgo de la estrategia de desarrollo en la que están inmersas: Liderazgo de organizaciones privadas no lucrativas: acciones ejecutadas por los beneficiarios, organizaciones privadas no lucrativas o pequeñas empresas locales. La influencia entre los donantes involucrados (públicos, privados lucrativos o no lucrativos) es variable. Y liderazgo de organismos gubernamentales (internacionales o de donantes bilaterales): acciones realizadas por empresas locales e internacionales, con una fuerte implicación de las administraciones públicas (en algunos casos también por organizaciones privadas no lucrativas muy especializadas).

Específicamente, los proyectos de cooperación al desarrollo suelen clasificarse según su finalidad (Ferrero, 2003): Dirigidos a colectivos específicos (niños, mujeres, indígenas...); de desarrollo sectorial: salud, educación, infraestructuras, sector productivo, medio ambiente; y de desarrollo institucional (desarrollo comunitario, capacitación en distintos ámbitos, fortalecimiento institucional local, estatal...).

Destacan los sectores tecnológicos siguientes: Planificación y gestión del territorio y el ambiente; construcción de viviendas y equipamientos sociales; servicio de abastecimiento de agua y saneamiento; servicio de abastecimiento de energía; fomento del tejido productivo local para garantizar la subsistencia y fomentar la producción de excedentes; sistemas de transporte de personas y comercialización de productos; y el desarrollo de TIC específicas para la provisión de servicios y el aumento de capacidades técnicas y sociales.

La concreción de las actuaciones varía según su situación en el espacio descrito por los tres ejes siguientes, compartiendo características entre los distintos sectores ante una igual localización: El continuo seguridad (garantía de acceso con equidad) – soberanía (garantía de acceso con autodependencia y sostenibilidad); el continuo urbano (densidad de población elevada) – rural (densidad de población baja); y el continuo ayuda de emergencia (colaboración en situaciones de crisis social) – gestión del riesgo (aumento de la capacidad de gestionar perturbaciones sociales) – desarrollo (Christoplos *et al.*, 2001).

– **Canal cognitivo (conocimiento):** 3) *Generar conocimiento sobre tecnologías apropiadas para el DH y promover la reflexión acerca de los derechos de propietario sobre este conocimiento;* 4) *transferencia de información, tecnología y conocimiento, tanto entre Norte y Sur como entre Sur y Sur.*

La historia moderna revela que el poder es para los que generan y usan su propio “conocimiento”. Por tanto, es necesario que los procesos de desarrollo incorporen el aumento de las capacidades de generación, o al menos, reconfiguración del conocimiento, evitando así la de-

## *La educación para el desarrollo sostenible*

pendencia de los que las poseen (De Souza y Cheaz, 2000). Además, para que el desarrollo sea humano, es necesario que tanto ese proceso como el conocimiento en sí mismo permitan y faciliten ganar libertad y autonomía, tanto de forma individual como colectiva. En cooperación al desarrollo el enfoque de actuación basado en la generación de conocimiento es importante debido a: La complejidad del propio proceso de desarrollo; los divergentes intereses de los actores involucrados; y la diversidad de contextos en los que las acciones de desarrollo suceden.

Actualmente se está en una etapa de cambio histórico en la que el conocimiento pasa a jugar un papel central. Los productos, procesos y servicios más relevantes del futuro serán los intensivos en conocimiento. La característica más importante de esta etapa es la reducción de la importancia de las tecnologías materiales propias de la época del industrialismo (tecnologías mecánicas, químicas, eléctricas...), en beneficio de las tecnologías intelectuales (amplifican, exteriorizan y modifican las funciones cognitivas del ser humano). Por otro lado la creatividad aumenta más cuando es el resultado del esfuerzo de equipos de trabajo que cuando procede de acciones individuales, por lo que las tecnologías sociales (las que permiten la participación de distintos actores sociales) también ganan importancia.

El incremento de la importancia del conocimiento y de la tecnología intelectual como fuerzas productivas se traduce en la siguiente segmentación en tres grupos según la capacidad organizacional, basada en el uso de las tecnologías sociales (Bell, 1976). El grupo 1: Capaz de generar y reconfigurar conocimiento. Puede: Iniciar la generación de nuevos productos, servicios y/o procesos; Inventar a partir de la codificación de conocimiento teórico (conocimiento que, además, es capaz de generar); y generar tecnologías de transformación (las que producen cambios sociales, como el teléfono). El grupo 2: Capaz de reconfigurar conocimiento ya existente. Puede: Mejorar los nuevos productos, servicios y/o procesos desarrollados por el grupo 1; Innovar en términos de flexibilidad institucional y gerencial para incorporar las invenciones ya realizadas por el grupo 1; y generar tecnologías de extensión (las que amplían el alcance de una tecnología ya existente: la telefonía celular) o de nicho (las que representan una aplicación especializada de una tecnología ya existente a una tarea particular: las centrales telefónicas para grandes organizaciones). Y el grupo 3: Incapaz de generar ni de reconfigurar conocimiento. Puede: Reproducir los productos, servicios y/o procesos ya iniciados y mejorados por los grupos 1 y 2; Difundir las invenciones e innovaciones de los grupos 1 y 2; y adoptar las tecnologías de transformación, extensión o de nicho ya generadas. Por todo ello, desde una perspectiva de desarrollo humano, no sólo las actuaciones asociadas a la provisión de las infraestructuras básicas físicas y productivas toman un sentido especial, sino también las ligadas al aumento de capacidades organizacionales e intelectuales.

La componente de conocimiento aplicado de la tecnología hace que la gestión de ella misma deba estar muy relacionada con la del conocimiento. Así, la transferencia de tecnología no debe verse como mejorar máquinas, *software* o implementar nuevos modelos administrativos y de gestión, sino como el aumento de capacidades (conocimientos) tecnológicas para lograr la sostenibilidad según su propia finalidad (desarrollo). La concreción de esta visión al sector de las entidades privadas lucrativas (empresas) sitúa la finalidad como negocio, y vincula sostenibilidad con ventaja competitiva sostenible (Sáez Vacas et al. 2003), pero, na-

## *Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible*

turalmente, la extensión a organizaciones no lucrativas, poderes públicos locales o comunidades en desarrollo es inmediata.

En las actuaciones de desarrollo es necesario superar el enfoque de “aprender” (Senge, 1994) y pasar al de “generar conocimiento adaptado al contexto cambiante” (Nonaka y Takeuchi, 1995), de forma que los participantes aumenten en capacidades reales de transformación. Lo que habitualmente se entiende por difusión y transferencia de tecnología debe ser, en realidad, un acompañamiento en la gestión de la propia tecnología y conocimiento tecnológico, buscando la co-generación en pro del desarrollo endógeno de los participantes involucrados. La transferencia se convierte pues en investigación basada en un paradigma constructivista: “se investiga una realidad dinámica y socialmente construida para comprenderla y transformarla, bajo la autoridad del argumento (participación, persuasión y negociación)”. Lo que se contrapone a la práctica clásica en los campos de la tecnología, basada en un paradigma positivista: “se investiga una realidad estable e inmutable para observarla, describirla, explicarla, predecirla y controlarla, bajo el argumento de la autoridad epistemológica (autoridad científica) y sin compromiso ético para cambiar la realidad investigada” (De Souza y Cheaz, 2000). Así, recurriendo a un enfoque constructivista, la transferencia de conocimiento debe ser entendida como cogeneración de conocimiento con el desarrollo endógeno de los participantes como objetivo.

En este contexto, el rol proactivo respecto la investigación, a través de la acción de los distintos actores involucrados en el proceso de desarrollo, pasa a ser crucial, así como la conveniencia de fomentar la participación coordinada de universidades, organizaciones y poderes locales y las propias comunidades, beneficiarios y participantes. El trabajo coordinado y sinérgico de organizaciones de desarrollo y universidades en red es actualmente un instrumento preferente de transferencia de tecnología.

**– Canal valorativo (valores):** 5) *Adoptar programas educativos basados en valores (como la ED) en el ámbito científico-técnico, en particular en la educación universitaria;* 6) *impulsar la sensibilización entorno al papel de la tecnología tanto en situaciones de desigualdad y de explotación como de igualdad y justicia.*

Es necesario un cambio de actitudes y valores a nivel mundial si se quiere alcanzar el desarrollo sostenible de la humanidad. La ED y la sensibilización se basan en la premisa de que las personas, de Norte a Sur, tienen que ser conscientes de su responsabilidad compartida respecto al futuro común. La ED constituye una herramienta específica y reconocida en el ámbito de la cooperación internacional para el desarrollo. Así en la Ley 23/1998 del Gobierno de España se establece que “Se entiende por educación para el desarrollo y sensibilización social el conjunto de acciones que desarrollan las Administraciones públicas, directamente o en colaboración con las organizaciones no gubernamentales para el desarrollo, para promover actividades que favorezcan una mejor percepción de la sociedad hacia los problemas que afectan a los países en desarrollo y que estimulen la solidaridad y cooperación activas con los mismos,...”. Con posterioridad, en el *Plan director de la cooperación española 2005-2008* del Ministerio de Asuntos exteriores y de Cooperación (2005), se establece que “La educación para el desarrollo es un proceso para generar conciencias críticas, para hacer a cada persona



## *La educación para el desarrollo sostenible*

responsable y activa a fin de construir una nueva sociedad civil, tanto en el Norte como en el Sur, comprometida con la solidaridad —entendida ésta como corresponsabilidad- y participativa; una sociedad cuyas demandas, necesidades, preocupaciones y análisis se tengan en cuenta a la hora de la toma de decisiones políticas, económicas y sociales.” De igual forma puede encontrarse en el *Plan director de la cooperación al desarrollo 2007-2010* de la Generalitat de Catalunya (2007). Destacamos, además, que la asamblea general de CONCORD (Confederación Europea de ONG de Ayuda y Desarrollo) de noviembre de 2004 la definió como “un proceso activo de aprendizaje, fundado en valores de solidaridad, igualdad, inclusión y cooperación, [que] permite a la gente evolucionar desde una conciencia básica de las prioridades de desarrollo internacional y desarrollo humano sostenible hasta una implicación personal y acción concienciada, a través de la comprensión de las causas y efectos de los asuntos globales” ([www.deep.org](http://www.deep.org)). El concepto de ED ha ido evolucionando con la cooperación al desarrollo, dividiéndose habitualmente en cinco estadios, vinculados a las correspondientes paradigmas de desarrollo dominantes (Mesa, 2000; Boni y Pérez-Foguet, 2006).

### **7. LA ED COMO EJE DE LA TDH**

Uno de los métodos aplicados para promocionar la TDH es la incorporación de actividades de Educación para el Desarrollo (ED) en la formación de ingeniería. Seguir las tendencias de la ED en las escuelas de ingeniería implica que en los estudios y actividades académicas se apunta al desarrollo de capacidades éticas y globales, aparte de las técnicas, y que se incluyan procesos de aprendizaje integrados en una perspectiva de fomento del desarrollo humano. Los estudios de ingeniería deben adaptarse a las nuevas propuestas puestas en práctica por agentes internacionales de desarrollo. En un mundo globalizado, el trabajo de los futuros ingenieros se desarrollará en muchos contextos diferentes. En el caso de los países en vías de desarrollo, la propuesta del desarrollo humano está adquiriendo importancia, y en países industrializados, las lecciones aprendidas de los proyectos de desarrollo pueden contribuir a alcanzar unas prácticas más sostenibles en el ámbito de la ingeniería. Las propuestas de ED están en consonancia con las reivindicaciones acerca de la integración de los derechos humanos y las cuestiones de desarrollo internacional en la educación universitaria que se realizan con el fin de afrontar las nuevas exigencias del contexto socioeconómico globalizado actual (DEA-AUT, 1999).

La ED está estrechamente relacionada con otras propuestas educativas basadas en los valores, tales como sostenibilidad, paz, género, derechos humanos... (Polo, 2004; Boni y Pérez-Foguet, 2006). Las propuestas de ED incluyen principios centrales de la sostenibilidad como la equidad intrageneracional, respecto por la libertad social y cultural, la consideración de los afectados en los procesos de toma de decisiones, el reconocimiento de la unicidad de los factores contextuales en cada toma de decisiones y la responsabilidad por los impactos resultantes de las decisiones propias; cinco de los nueve principios de la sostenibilidad presentados por Carew y Mitchell, 2002. Equivalentemente, los principios de la ED pueden identificarse en los cuestionarios que definen el conocimiento acerca del desarrollo sostenible presentados por Azapagic *et al.*, 2005. Como el desarrollo, tanto de la humanidad en su conjunto como en especial de la comunidades y pueblos pobres, solo puede entenderse puesto en el contexto

## *Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible*

histórico y vinculado con el desarrollo de las sociedades ricas, la ED ayuda a establecer vínculos espaciales y temporales un punto clave en la comprensión de los retos de la sostenibilidad, Lemkowitz et al. (1996). A nivel metodológico, la educación para la sostenibilidad y la ED comparten instrumentos como muestran Barnes y Phillips (2000), Perdan *et al.* (2000) y Dohn *et al.* (2003), mediante partenariados intersectoriales, estudios de caso y actividades didácticas orientadas a la resolución de problemas, respectivamente. Están en la misma línea las experiencias relacionadas con los derechos humanos (Hoole, 2002). Todas estas propuestas promueven que se incluya el razonamiento social y político en la práctica y la formación en ingeniería, lo que, como ya hemos dicho antes, es una de las prioridades de la TDH. En la misma dirección, Prados (1997) observa que “[ser] ingeniero exige [una] comprensión de las fuerzas ajenas a la técnica que afectan profundamente a las decisiones en ingeniería”.

De forma complementaria, el Banco Mundial (2004) asevera que “la falta de conocimiento acerca de la correcta solución técnica probablemente no es la restricción decisiva. Lo que se necesita es una serie de acuerdo institucionales que proporcionen a los creadores de políticas, a quienes sostienen económicamente el proyecto y a la ciudadanía los incentivos para adoptar la solución y adaptarla a las condiciones locales”. Muchos ingenieros carecen de la capacidad de manejar problemas con un enfoque amplio, más allá de los aspectos técnicos y económicos, y por ello las propuestas técnicas que realizan acaban no siendo válidas para su adaptación posterior. Por otro lado, publicaciones recientes, tales como WBCSD (2004) y PNUD (2004), subrayan la importancia creciente de los mercados de los países en vías de desarrollo para el sector privado, con muchas propuestas concretas vinculadas de una u otra forma a la ingeniería. Así, la ED puede constituir también una propuesta atractiva desde el punto de vista económico para nuestra sociedad globalizada actual, que requiere de los profesionales capacidades también “globalizadas”, ver, por ejemplo, propuestas formativas en Aneas *et al.* (2005).

Sirvan de ejemplo de materiales de apoyo docente relacionados con la TDH y elaborados y aplicados desde una perspectiva de ED los libros Oliete-Josa y Pérez-Foguet (2005), Pérez-Foguet et al. (2005a), Boni y Pérez-Foguet (2006), disponibles en [www.upc.edu/grecdh/](http://www.upc.edu/grecdh/); así como la experiencia desarrollada por la Universitat Politècnica de Catalunya en el período 2000-2005 recogida en Pérez-Foguet (2006a, 2006b, 2008).

## **8. REFERENCIAS**

- ANEAS, A., SIMONS, G., LAMBERT, J., MYERS, S. (2005). *Competencia Global, 50 actividades de formación para lograr éxito en proyectos y negocios internacionales*. Díaz de Santos, España.
- AZAPAGIC, A., PERDAN, S., SHALLCROSS, D. (2005) “How much do engineering students know about sustainable development? The findings of an international survey and possible implications for the engineering curriculum”, *Eur. J. of Eng. Edu.*, 30:1, 1-19.
- BANCO MUNDIAL (2004), *World Development Report 2004: Making services work for poor people*. The World Bank Group, Washington D.C.

*La educación para el desarrollo sostenible*

- BARNES, N. J., PHILLIPS, P. S. (2000), "Higher education partnerships. Creating new value in the environment sector", *Int. J. of Sustainability in Higher Edu.*, 1:2, 182-190.
- BELL, D. (1976), *El advenimiento de la sociedad post-industrial*, Alianza Editorial, Madrid.
- BONI, A., PÉREZ-FOGUET, A. (Coord.) (2006), *Construir la Ciudadanía Global desde la Universidad*, Colección Informes n. 32, Intermón-OXFAM, Barcelona.
- CALESTOUS, J., YEE-CHEONG, L. (Coor.) (2005) *Innovation: applying knowledge in development*, UN Millennium project, Earthscan, London.
- CAREW, A.L., MITCHELL, C.A. (2002) "Characterizing undergraduate engineering students' understanding of sustainability", *Eur. J. of Eng. Edu.*, 27:4, 349-361.
- CHRISTOPLOS, I., MITCHELL, J., LILJELUND, A. (2001), "Re-framing risk: The changing context of disaster mitigation and preparedness", *Disasters*, 25:3, 185-198.
- DE SOUZA, J., CHEAZ, J. (2000), *Generación de Conocimiento y Construcción de Teoría en Proyectos de Desarrollo de Capacidad Institucional. La propuesta del Proyecto ISNAR Nuevo Paradigma en el contexto del cambio de época*, Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional, San José, Costa Rica.
- DEA-AUT (1999). *Globalization and higher education. Guidance on ethical issues arising from international academic activities*. Development Education Association – Association of University Teachers. London.
- DOHN, H., GAUSSET, Q., MERTZ, O., MÜLLER, T., OKSEN, P., TRIANTAFILLOU, P. (2003). "Strengthening learning processes in natural resource management in developing countries through interdisciplinary and problem-oriented learning". *Int. J. of Sustainability in Higher Edu.*, 4:2, 106-125.
- FERRERO, G. (2003), "De los proyectos de cooperación a los procesos de desarrollo a largo plazo", *Revista de Fomento Social*, 58, 61-103.
- GENERALITAT DE CATALUNYA (2007), *Projecte del Pla director de cooperació al desenvolupament 2007-2010*, Resolució 66/VIII del Parlament de Catalunya, DOGC 4940 – 3.8.2007, 26343-26364, Barcelona, España.
- GOBIERNO DE ESPAÑA (1998), "Ley 23/1998 de Cooperación Internacional para el Desarrollo", Boletín Oficial del Estado Nº 162, 8 de Julio de 1998.
- HOOLE, S. R. H. (2002). "Viewpoint: Human Rights in the Engineering Curriculum". *Int. J. of Eng. Edu.*, 18:6, 618-626.
- LEMKOWITZ, S.M., BIBO, B.H., LAMERIS, G.H., BONNET, J.A. (1996) "From Small Scale, Short Term to Large Scale, Long Term: Integrating 'Sustainability' into Engineering Education", *Eur. J. of Eng. Edu.*, 21:4, 353-386.
- MESA, M. (2000), "La educación para el desarrollo: entre la caridad y la ciudadanía global", *Papeles de Cuestiones Internacionales*, 70, pp. 11-26.

## *Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible*

- MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES Y DE COOPERACIÓN (2005), *Plan director de la cooperación española 2005-2008*, Madrid, España.
- NONAKA, I., TAKEUCHI, H. (1995), *The Knowledge-Creating Company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*, Oxford University Press, New York.
- OLIETE-JOSA S., PÉREZ-FOGUET, A. (2005), *Cooperació per al desenvolupament a l'aula. Casos aplicats de tecnologia per al desenvolupament humà*, ISF-UPC, Barcelona.
- PERDAN, S., AZAPAGIC, A., CLIFT, R. (2000). "Teaching sustainable development to engineering students". *Int. J. of Sustainability in Higher Edu.*,1:3, 267-279.
- PÉREZ-FOGUET, A., MORALES, M., SAZ-CARRANZA, A. (2005a) *Introducción a la Cooperación al Desarrollo para las Ingenierías. Una propuesta para el estudio*, ISF-UPC Barcelona.
- PÉREZ-FOGUET, A., OLIETE-JOSA, S., SAZ-CARRANZA A. (2005b). "Development Education and Engineering: A framework for incorporating reality of developing countries into engineering studies" *Int. J. of Sustainability in Higher Edu.*, 6:3, 278-303.
- PÉREZ-FOGUET, A. (Resp.) (2006a), *Impuls de l'Educació per al Desenvolupament humà i sostenible a la UPC 2000-2005*, Consell Social, UPC, Barcelona.
- PÉREZ-FOGUET, A. (Resp.) (2006b), "Partenariado ONGD - Universidad para el impulso de la Educación para el Desarrollo. El caso ISF - UPC 2000-2005", Buena Práctica seleccionada *III Congreso de Educación para el Desarrollo*, 7-9/XII, U. del País Vasco, Vitoria (España).
- PÉREZ-FOGUET, A. (2008): "Educative experiences through cooperation for development activities". In: GUNI (2008), *Higher Education in the World 3, Higher Education: New challenges and emerging roles for human and social development*. New York: Palgrave MacMillan, 157ss.
- PNUD (2001), *Informe sobre Desarrollo Humano 2001. Poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano*, Mundi-Prensa Ed., Madrid.
- PNUD (2004), *El impulso del empresariado: El potencial de las empresas al servicio de los pobres*, Comisión de las NNUU para el sector privado y el desarrollo, New York.
- POLO, F., (2004). *Cap a un currículum per a una ciutadania global*. Colecció Informes nº 30. Intermón – Oxfam. Barcelona.
- PRADOS, J.W. (1997). "Engineering Curricula 2000 - A Change Agent for Engineering Education". *Journal of Engineering Education*, Vol. 86(2), pp. 69-70.
- QUINTANILLA, (1998), "Técnica y cultura", *Teorema: International Journal of Philosophy*, Vol. XVII/3. También en Sala de lectura CTS+I, Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y la Cultura.

*La educación para el desarrollo sostenible*

SÁEZ VACAS, F., GARCÍA, O., PALAO, J., ROJO, P. (2003), *Innovación tecnológica en las empresas*. ETS de Ingenieros de Telecomunicaciones, UPM.

SENGE, P. (1994), *The fifth discipline: the age and practice of the learning organization*, Century.

WBCSD (2004), *Oportunidades de negocios para reducir la pobreza*, World Business Council for Sustainable Development, New York.

