



Una formación de calidad  
en ingeniería para el futuro

Centro de Convenciones Cartagena de Indias  
15 al 18 de Septiembre de 2015

# INTRODUCIENDO LA EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE EN EL CURSO TALLER DE PROYECTOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Hernán Gustavo Cortés Mora, José Ismael Peña Reyes

Universidad Nacional de Colombia  
Bogotá, Colombia

## Resumen

La crisis ambiental y social en la que la humanidad está envuelta, demuestra la necesidad de reformar procesos de enseñanza para poder enfrentarla. Las universidades, creadas para resolver los problemas de la sociedad formando a las personas para construir el futuro, deben enfocarse en problemáticas sociales buscando un estado de sustentabilidad. La Educación para el Desarrollo Sustentable desarrolla este proceso dentro de una universidad, convirtiéndolo en elemento cotidiano de la institución, creando un efecto multiplicador en su interior así como en la sociedad, en el corto y largo plazo. En el marco de la investigación "Estructuración de la sustentabilidad a partir de la educación para el desarrollo sustentable en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia", se ha identificado el curso Taller de Proyectos Interdisciplinarios de la Universidad Nacional de Colombia como un escenario propicio para la implementación de los principios del Desarrollo Sustentable. El presente artículo muestra las motivaciones y los resultados de la implementación de la Educación para el Desarrollo Sustentable en un curso de ingeniería.

**Palabras clave:** educación para el desarrollo sustentable; taller de proyectos interdisciplinarios; teoría de la estructuración

## Abstract

*The environmental and social crisis in which humanity is involved demonstrates the need to reform teaching processes to face it. Universities, created to solve the problems of*

*society by means of training people to build the future, should focus on social issues aiming at a state of sustainability. Education for Sustainable Development develops this process within a university, making it an everyday element of the institution, creating a multiplier effect inside it, as well as in society, in the short and long term. The course Interdisciplinary Projects Workshop of the Universidad Nacional de Colombia is a favorable scenario to implement the principles of Sustainable Development. This paper presents the motivations and the results of the implementation of Education for Sustainable Development in an engineering course.*

**Keywords:** *education for sustainable development, interdisciplinary project workshop, structuration theory*

## 1. Introducción

En la formación de ingenieros, se ha sugerido la inclusión de marcos de teorías de aprendizaje para hacer más significativa la inclusión de estrategias innovadoras complementarias a la enseñanza tradicional (Purzer, 2009). Adicionalmente, tener presente posibles escenarios en el que se desempeñarán los futuros ingenieros, puede hacer más fructífero el diseño de un curso.

La Universidad Nacional de Colombia, como constructora de lo público estatal, reconoce la responsabilidad que le confiere su carácter y se exige de manera ética pensar el problema de la paz, la convivencia, sus posibilidades y sus obstáculos en el contexto de violencia estructural que vive Colombia, incluyendo el reconocimiento de los límites y las posibilidades de la educación para la paz (Díaz, et al. 2002)

Este artículo presenta un ejemplo que permite afirmar que incluir elementos en un curso enmarcados en el concepto de Educación para el Desarrollo Sustentable ayuda en el desarrollo de proyectos con una orientación hacia el Desarrollo Sustentable. Se parte de un marco teórico para establecer una pregunta de investigación. Posteriormente se presentan la metodología implementada y se describe el curso de ingeniería objeto de intervención. Al final del documento se muestran resultados de la evaluación que los estudiantes han realizado del curso.

## 2. Educación para el Desarrollo Sustentable

Zilahy (2006) recalca la importancia de integrar el Desarrollo Sustentable – DS, en los programas de educación superior. Este concepto fue definido en 1987 por la Comisión Brundtland de Naciones Unidas como aquel desarrollo que permite cubrir las necesidades presentes sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para cubrir sus necesidades (World Commission on Environment and Development, 1987). En este sentido, las universidades tienen los medios para enseñar a los tomadores de decisiones del mañana cómo las interrelaciones sociales, la economía y el medio ambiente determinan nuestro destino y nuestro éxito o fracaso para lograr la prosperidad a largo plazo para todos los seres humanos en la Tierra (Zilahy, 2006).

Diferentes autores concuerdan que la principal contribución de la Universidad a la sustentabilidad es la provisión de Educación para el Desarrollo Sustentable - EDS. (Arbo y Benneworth, 2007; Stephens et al, 2008; Karatzoglou, 2013). Las primeras ideas sobre la EDS, fueron por ejemplo, las plasmadas en el Capítulo 36 de "Programa 21, Promoviendo la Educación, Conciencia Pública y Capacitación", en donde se muestra que uno de los principales impulsos para iniciar el trabajo de la EDS consiste en reorientar la educación existente para abordar el DS (Mckeown et al., 2002). La EDS debe buscar principalmente tres resultados: los graduados deben conocer sobre los temas de sustentabilidad, deben tener los conocimientos necesarios para actuar sustentablemente si lo desean, y deben tener los atributos personales y emocionales que requieren para comportarse de manera sustentable (Shephard, 2008).

La progresión y la profundidad de las preocupaciones ambientales han llevado a un mayor interés internacional en la necesidad de la EDS en todos los niveles (Niu et al., 2010), pero es necesario pensar en diferentes tipos de EDS y sobre su consecución como parte de los *resultados educativos* (lo que se suele aprender) y el *cambio social* (también descrito como cambio de comportamiento) (Vare and Scott, 2007). Esto teniendo en cuenta que la mayoría de la gente en la universidad recibe poca educación sobre temas de sustentabilidad, a menos que hayan participado específicamente en el tema o sea un interés personal (Martins et al., 2006).

Los aspectos prácticos del DS pueden incluir a las comunidades locales y al trabajo con ellas, para ayudar a promover la innovación futura para el desarrollo social y la conservación de los recursos (Niu et al., 2010). Para lograrlo, se propone promover la integración, síntesis, razonamiento crítico, y habilidades de pensamiento sistémico, ya que permite a los estudiantes ir más allá el desarrollo de habilidades para que puedan hacer frente a los retos futuros, complejos y multidisciplinarios de la sustentabilidad (Karatzoglou, 2013).

Lo anterior refuerza la necesidad de nuevas rutas de formación, que se muevan más allá de las fronteras de las disciplinas tradicionales, como por ejemplo la enseñanza interdisciplinaria en el ámbito universitario (Martins et al., 2006). Junto a esto, se debe aumentar la eficacia en ayudar a profesores y estudiantes a entender las dimensiones económicas, ecológicas y éticas-sociales relacionadas con el DS, no sólo para el presente, sino también para las generaciones futuras (Huisinigh, 2006).

El DS es un campo transdisciplinario en el que los ingenieros cooperan con otras disciplinas, por lo que cobra importancia la capacidad para comunicarse con otras áreas y con otros grupos de interés, sin perder la calidad disciplinaria de éstos (Hanning et al., 2012). Adicionalmente se considera como una prioridad actual, la necesidad de la integración del concepto de sustentabilidad en los programas de ingeniería (Glavič, 2006), ya que se puede prever un aumento de la demanda de ingenieros con altas competencias en tecnologías de producción limpia y gestión ambiental integral (Staniškis and Arbaciauskas, 2003).

Un ingeniero debe comprender las complejidades del entorno social en el que se encuentra desarrollando soluciones y la complejidad de hacer mejoras a corto plazo

que se ajusten en un camino a largo plazo de DS (Mulder et al., 2012). En resumen, los desafíos para la integración de la sustentabilidad en los programas de ingeniería actuales, deben incluir el cambio de paradigmas en torno a la sustentabilidad y la exigencia de nuevos métodos de enseñanza (Zhang et al., 2012).

### **3. Metodología**

Para explorar cómo puede ser complementado el diseño curricular de un curso de ingeniería con el fin de incorporar elementos de Educación para el Desarrollo Sustentable que permita la ejecución de proyectos enfocados en solucionar problemas sociales, se propone introducir los principios del DS en el curso Taller de Proyectos Interdisciplinarios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. A partir de los elementos encontrados en la literatura enmarcados en la EDS, se espera mostrar a los estudiantes la importancia e implicaciones que tiene la incorporación del DS en el desarrollo de proyectos de ingeniería. Posteriormente se pretende que los elementos identificados del DS sean implementados en la ejecución del proyecto que los estudiantes deben realizar durante el semestre. Al final se espera que la evaluación del curso de cuenta de los logros alcanzados.

### **4. El Taller de Proyectos Interdisciplinarios - TPI**

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia implementó en siete de sus nueve programas de pregrado, la asignatura Taller de Proyectos Interdisciplinarios como una estrategia empleada para generar coherencia entre las características de formación del estudiante y las capacidades que debe tener un ingeniero competente en el ámbito nacional e internacional; de acuerdo con ello se establece que es necesario incentivar la creatividad, el emprendimiento, el espíritu investigativo, el conocimiento del entorno social y económico, y el respeto por la conservación y uso sustentable de los recursos naturales (TallerDeProyectosInterdisciplinarios, 2010).

El curso busca mejorar las habilidades para el desempeño profesional, entre las cuales se cuentan habilidades de trabajo en equipo, trabajo interdisciplinario, comunicación oral y escrita, emprendimiento y responsabilidad social. Los planes de estudio de los programas de la Facultad de Ingeniería, no presentan de manera explícita el desarrollo de tales habilidades, de modo que la asignatura TPI es presentada como una experiencia pedagógica innovadora que busca suplir tales carencias. (Duarte O., et al, 2011). El curso pretende promover la reflexión y el diseño de soluciones a problemas en un área determinada, en donde la ingeniería, pueda dar una respuesta adecuada a los problemas de algún grupo social.

Cada semestre participan 25 docentes y cerca de 300 estudiantes que se distribuyen en grupos interdisciplinarios dirigidos por un profesor que hace las veces de coordinador o interventor. Cada grupo elige una idea para convertir en un proyecto y trabajar en él durante todo el semestre. Para el desarrollo y seguimiento del proyecto se realiza una reunión semanal entre el docente y el grupo de estudiantes en la que se presentan los

productos de los compromisos adquiridos por cada integrante. Adicionalmente, los estudiantes asisten a una charla semanal en la que se tratan temáticas de interés general.

## 5. Introducción de EDS en TPI

Los autores del presente artículo han participado como docentes en algunos de los grupos designados cada semestre. Las posibilidades que brinda el curso, ha permitido la inclusión de elementos propios de la EDS en el programa curricular sin dejar de lado las temáticas generales, enriqueciendo aún más la experiencia de los estudiantes.

De los casi 600 proyectos, aproximadamente 12 de ellos se han desarrollado bajo la perspectiva de la EDS siguiendo el esquema que se muestra en la tabla 1. Se utilizan diferentes herramientas para enseñar a los estudiantes las temáticas correspondientes y se intenta persuadirlos para que los incorporen en el desarrollo de sus proyectos durante el periodo académico. La Figura 1 resume los temas que son tratados al interior del curso enmarcados en la EDS.



**Figura 1.** Dimensiones del DS a tener en cuenta en el desarrollo de proyectos (Cortés-Mora And Peña-Reyes, 2015).

**Tabla 1.** Estrategia de implementación de la EDS en el curso TPI. Elaboración propia

Estrategia pedagógica	Componente de EDS	Resultados esperados
Formulación de proyectos en el marco del Desarrollo Sustentable	Implicaciones ambientales, económicas y sociales del proyecto	<i>Resultados Educativos:</i> Proyectos que cuentan con elementos del DS en su formulación y desarrollo
Trabajo con comunidades vulnerables locales	Innovación para el desarrollo social y la conservación de los recursos	<i>Cambio Social:</i> Mejorar las condiciones de vida de las comunidades vulnerables en donde se ejecutó el proyecto
Razonamiento crítico, y pensamiento sistémico	Desarrollo de habilidades para enfrentar el futuro	<i>Resultados Educativos:</i> Adquisición de habilidades como el razonamiento crítico y el pensamiento sistémico
Realización de presentaciones orales y de documentos escritos	Capacidad de comunicación	<i>Resultados Educativos:</i> Fortalecer las habilidades comunicativas de los estudiantes

## 6. Resultados

El curso ha desarrollado proyectos que han permitido a los estudiantes acercarse a comunidades vulnerables para establecer procesos de co-creación en la solución de problemas en el marco de la EDS. Los estudiantes han cambiado su forma de pensar, entendiendo que las soluciones pequeñas pueden implicar grandes desarrollos de ingeniería. Enfoques en el pensamiento crítico y de sistemas han permitido estructurar una visión centrada en el DS.

### 6.1. Proyectos de TPI

Algunos de los proyectos que se han implementado bajo el marco de la EDS se presentan en la Tabla 2. Se muestra el título y el objetivo general del proyecto que puede evidenciar el enfoque de DS.

**Tabla 2.** Resumen de algunos proyectos desarrollados en el curso TPI incorporando elementos del DS. Elaboración propia

TÍTULO	Objetivo General
Parque de juegos tradicionales	Diseñar un parque de juegos tradicionales para la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá
Hortalizas en casa	Diseñar una huerta vertical que facilite el acceso a vegetales, dirigido a habitantes de Bogotá D.C.
Plan de apoyo para la reutilización de residuos sólidos en la localidad de Bosa	Estudiar el tratamiento del PET para obtener una resina post consumo.
Sala de ciencia interactiva	Implementar una sala de ciencia interactiva, enfocada a adolescentes, que sea de fácil montaje y desmontaje.
Análisis técnico del inodoro ecológico seco en Colombia	Proponer mejoras técnicas a un modelo de inodoro ecológico seco para ser implementado en comunidades colombianas sin acceso a sistemas de acueducto y alcantarillado
Telemetría de cultivos de flores bajo invernaderos	Desarrollar un sistema telemétrico que verifique las condiciones del invernadero y dé información, en tiempo real, sobre las condiciones en las que se encuentra el cultivo.

### 6.2. Evaluación del curso

Para evaluar los cursos y el desempeño docente en la Universidad Nacional de Colombia, existe un cuestionario en línea denominado *EDIFICANDO*, utilizado de manera institucional para todos los cursos ofrecidos por la universidad ([www.edificando.unal.edu.co](http://www.edificando.unal.edu.co)). El cuestionario es diligenciado por los estudiantes de manera voluntaria al finalizar cada periodo académico. Está compuesto por 19 preguntas cerradas, de las cuales 6 nos permiten valorar la percepción de los estudiantes con respecto a cambios que el curso y el docente ha generado en los estudiantes. Para el caso particular, puede mostrar cómo se refleja la introducción de aspectos del DS en el curso, explicando los resultados de la implementación de estrategias de EDS en su interior.



En la tabla 3, se presentan los resultados de las seis preguntas de las mencionadas anteriormente, contestadas para uno de los autores durante cuatro periodos académicos, durante los años 2013 y 2014. Se obtuvieron 22 respuestas de 43 posibles:

**Tabla 3.** Resultados del 5 ítems correspondiente a la evaluación docente de la plataforma EDIFICANO, disponibles de manera privada en la plataforma. Elaboración propia

Ítem	%Si	%No
Se propició que se encontraran conexiones de los temas tratados con otros contextos o con otros contenidos de sus planes de estudio	96	4
Se promovió en ellos la argumentación o la reflexión crítica	96	4
Se promovió la adquisición de herramientas para el aprendizaje autónomo	92	8
Se inspiró o motivó el interés por los temas tratados	92	8
El profesor transformó su forma de pensar, sentir o actuar	87	13

## 7. Discusión, conclusiones y recomendaciones

La introducción de la estrategia de EDS en el curso Taller de Proyectos Interdisciplinarios ha permitido que los estudiantes enfoquen sus proyectos bajo una perspectiva de DS aportando soluciones reales en comunidades vulnerables locales.

Los estudiantes han desarrollado habilidades de trabajo en equipo, al integrarse con estudiantes de otros programas para el trabajo interdisciplinario sobre la definición y solución de los problemas que contribuyen a la mejora de la sociedad en el componente técnico, social, económico y ambiental.

Los proyectos han superado el aula de clase y han sido llevados a comunidades vulnerables locales, lo que ha permitido la mejora de la calidad de vida de los habitantes de éstas.

La interdisciplina debe trascender las fronteras de ingeniería y llegar a otras ramas del saber. Por lo que es importante explorar la posibilidad de trabajar el curso TPI con otros programas curriculares de otras disciplinas.

Es necesaria una reflexión pedagógica continua para una correcta adaptación del curso TPI en las dinámicas cambiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional. Para ello se sugieren revisar a profundidad los elementos de la EDS y complementarlos con metodologías como el aprendizaje basado en proyectos.

## 8. Referencias

### Artículos de revistas

- Arbo, P., Benneworth, P., July 2007. Understanding the Regional Contribution of Higher Education Institutions: A Literature Review. OECD, Directorate for Education. Working Paper No. 9.

- Cortés-Mora, H., Peña-Reyes, J. (2015). De la sostenibilidad a la sustentabilidad. Modelo de Desarrollo Sustentable para su implementación en políticas y proyectos. *Revista EAN*, 78.
- Glavič, P. (2006). Sustainability engineering education. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 8(1):24– 30.
- Hanning, A., Abellsson, A. P., Lundqvist, U., and Svanström, M. (2012). Are we educating engineers for sustainability?: Comparison between obtained competences and Swedish industry's needs. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 13(3):305–320.
- Huisingh, D. (2006). New challenges in education for sustainable development. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 8(1):3–8.
- Karatzoglou, B. (2013). An in-depth literature review of the evolving roles and contributions of universities to Education for Sustainable Development. *Journal of Cleaner Production*, 49:44–53.
- Martins, A. a., Mata, T. M., and Costa, C. a. V. (2006). Education for sustainability: challenges and trends. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 8(1):31–37.
- Mulder, K. F., Segalas, J., and Ferrer-Balas, D. (2012). How to educate engineers for/in sustainable development: Ten years of discussion, remaining challenges. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 13(3):211–218.
- Niu, D., Jiang, D., and Li, F. (2010). Higher education for sustainable development in China. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 11(2):153–162.
- Shephard, K. (2008). Higher education for sustainability: seeking affective learning outcomes. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9(1):87–98.
- Staniškis, J. and Arbaciauskas, V. (2003). Industrial ecology in university curriculum: new M.Sc. Programme in Environmental Management and Cleaner Production. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 5(2):92–94.
- Stephens, J.C., Hernandez, M.E., Roman, M., Graham, A.C., Scholz, R.W., 2008. Higher education as a change agent for sustainability in different cultures and contexts. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 9 (3), 317e338.
- Vare, P. and Scott, W. (2007). Learning for a Change: Exploring the Relationship Between Education and Sustainable Development. *Journal of Education for Sustainable Development*, 1(2):191–198.
- Zilahy, G. (2006). Toward sustainability: the role of higher education. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 8(1):1–2.

## Libros

- Carmen Lucía Díaz, C.L., Mosquera, C., Fajardo, F. (2002). *La Universidad Piensa La Paz. Obstáculos Y Posibilidades*. ISBN: 958-701-167-8 ed: Unibiblos.
- Mckeown, R., Hopkins, C. A., Rizzi, R., and Chrystallbridge, M. (2002). *Manual de Educación para el Desarrollo Sostenible*. Number 865.
- World Commission on Environment and Development (1987). *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press. p. 27.



## Memorias de congresos

- Duarte, O., Orjuela, A., Rodríguez, G., Salazar, J., Soto, R. (2011). Taller de Proyectos Interdisciplinarios: una experiencia innovadora en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. In 2011 ACOFI Annual Conference. Colombia
- Purzer, Ş. Learning Engineering in Teams: Perspectives from Two Different Learning Theories. In REES 2009 Purdue University, USA.
- Zhang, Q., Vanasupa, L., Mihelcic, J. R., Zimmerman, J. B., and Platukyte, S. (2012). Challenges for integration of sustainability into engineering education. In 2012 ASEE Annual Conference, pages 1–10.

## Fuentes electrónicas

- TallerDeProyectosInterdisciplinarios. (2010). Consultado el 18 de febrero de 2015. <http://tallerdeproyectosinterdisciplinarios.wikispaces.com/>

## Sobre los autores

- **Hernán Gustavo Cortés Mora:** Ingeniero de Sistemas, Magister en ingeniería – Ingeniería Industrial, estudiante de Doctorado en Ingeniería – Industria y Organizaciones de la Universidad Nacional de Colombia. Auxiliar docente. [hgcortesm@unal.edu.co](mailto:hgcortesm@unal.edu.co)
- **José Ismael Peña Reyes:** Ingeniero de Sistemas, Especialización en Filosofía de la ciencia. Especialización en Pedagogía para el Desarrollo del Aprendizaje Autónomo, Master Europeo MATIS Gerencia de Sistemas de Información, Universidad de Ginebra, Suiza, Tesis Summa Cum-Laude. Master (Investigación) en Sistemas de Información y Organización. Universidad de Grenoble, Francia, Doctor en Ciencias de Gestión - Sistemas de Información, Universidad de Grenoble. Francia, Profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. [jipenar@unal.edu.co](mailto:jipenar@unal.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)