



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOE 2014

Nuevos escenarios  
en la enseñanza de la ingeniería

Cartagena de Indias, 7 al 10 de octubre de 2014  
Centro de Convenciones Cartagena de Indias

## COMUNIDADES DE BASE Y UNIVERSIDAD, ALIANZAS CON VALOR PEDAGÓGICO E IMPACTO SOCIAL

Cristian Julián Díaz Álvarez

Universidad Central  
Bogotá, Colombia

### Resumen

Con el objeto de adelantar acciones tendientes a solucionar problemas y suplir necesidades de la sociedad en el área de influencia de la Universidad Central, el Departamento de Ingeniería Ambiental ha establecido alianzas para desarrollar proyectos bajo la modalidad de extensión solidaria, con los cuales se ha logrado fortalecer la docencia en ciertos espacios formativos con modelos pedagógicos alternativos, transferir conocimiento con información de calidad que le ha servido a la comunidad para instaurar acciones populares e iniciar procesos formales ante las autoridades ambientales competentes y, sistematizar los resultados en comunicaciones y experiencias que han sido socializadas en eventos académicos, revistas indexadas y medios de comunicación. El trabajo conjunto en Bogotá D.C. y en la región ha permitido —en el último año— evidenciar conflictos ambientales asociados con la minería en zonas urbanas y periurbanas y, descubrir un gran problema urbano relacionado con la presencia de mercurio en el ambiente. Información útil que no necesariamente se ha valorado en algunas entidades de comando y control, gestión y definición de políticas públicas.

**Palabras clave:** extensión solidaria; educación; medio ambiente

### Abstract

In order to take action to solve problems and meet society needs in the Central University influence area, the Department of Environmental Engineering has established alliances to develop solidarity extension projects, which has strength the teaching in some training spaces with alternative educational models; transfer knowledge with high quality information that has helped the community to start popular actions and formal processes to environmental authorities and; systematize the results in communications and experiences that have been socialized into academic events, indexed journals and media. Joint work in Bogota D.C., and its region, reveal - in the last year — some environmental conflicts associated with mining projects in urban and peri-urban areas and, find out a big urban problem related to mercury presence in the environment. Useful information that was not been valued in some command, control, management and policy public organizations.

**Keywords:** solidarity extension; education; environment

## Introducción

La tercera función misional de la universidad exige una verdadera intervención positiva en el medio, fundamentada en valores éticos y recias convicciones para poder responder efectivamente ante el sufrimiento, la desigualdad, la inequidad y lo fútil (Velasco, 2012), para no mencionar más males que aquejan a la sociedad colombiana. Específicamente, un programa de ingeniería ambiental, entre muchas otras cosas, debería mantener una posición crítica ante el evidente desequilibrio natural y social, exacerbado por el reinante modelo de crecimiento económico.

Atendiendo este llamado, el Departamento de Ingeniería Ambiental de la Universidad Central ha venido desarrollando extensión solidaria bajo un esquema de aprendizaje y servicio (Mendía, 2012), a través de proyectos que propenden por el mejoramiento de la calidad de vida de las personas y/o comunidades; siendo el último año un momento en el cual se ha podido sistematizar y articular correctamente la docencia, la investigación básica y aplicada, y la extensión en un área poco habitual en la ingeniería: los conflictos ambientales; siendo los teatros de operación las zonas urbanas y periurbanas afectadas por la actividad minera y la labor industrial, entre otros.

Dos esquemas de trabajo relevantes que se presentan en este escrito son el descubrimiento de un problema ambiental urbano desconocido para la Secretaría Distrital de Ambiente: la presencia de mercurio en el aire capitalino y, por otro lado, evidenciar la gravedad del impacto de la minería y actividad industrial en el municipio de Suesca — Cundinamarca. Ambos proyectos han permitido un empoderamiento de sujetos políticos que, con mucho esfuerzo, han consolidado *núcleos de energía* (Lamoneda, 2014) que propenden por cambiar la realidad.

Así mismo, estas intervenciones han dinamizado el ejercicio docente en ciertos espacios formativos<sup>1</sup> del programa, al permitir la adecuada validación de la hipótesis de verdad inicial sobre la cual se soportan los ejemplos y estudios de caso (Giussani, 2011), atendiendo así el modelo pedagógico de aprendizaje basado en problemas (Universidad Central, 2013).

### 1. Experiencia 1: El mercurio y la calidad del aire

El mercurio y sus compuestos tienden a ser potencialmente tóxicos para los organismos debido a su capacidad de bioacumulación a través de la cadena trófica, y a que en su forma iónica no establece enlaces químicos, atacando así a las neuronas del cerebro e inhibiendo los grupos sulfhidrilo (SH) de varias enzimas esenciales. En síntesis, causa lesión celular en cualquier tejido donde se acumule en una concentración suficiente.

Su presencia en los ambientes urbanos es posible debido a su uso en sistemas productivos y por ser constituyente de productos hospitalarios, de uso doméstico y comercial, como las lámparas fluorescentes y baterías; metal pesado que se convierte en expresión del modelo metabólico de un sistema constituido por ocho millones de personas, dos y medio unidades habitacionales y, alrededor de cuatros cientos mil unidades productivas (SDP, 2013).

En mérito de lo anterior, este proyecto, desarrollado bajo la modalidad de grado de trabajo escrito de investigación (Acuerdo 02 de 2011), tuvo como génesis la inquietud del profesor del espacio formativo de Gestión Integral de la Calidad del Aire — GICA, sobre las evidencias de la potencial existencia de mercurio en el aire de la capital colombiana, advertidas desde el año 2007 a la comunidad científica nacional en las cuatro versiones del Congreso Colombiano de Calidad del Aire y Salud Pública — CASAP; elucubración que buscó sustento durante cuatro semestres en sendos grupos GICA, mediante la discusión y la lectura crítica de documentos, informes, normas y políticas asociadas con la matriz aire y las emisiones; y que contó con el apoyo de profesores de otras asignaturas, especialmente del área de *geomática* y del Departamento de Ciencias Naturales, para efectos de las marchas analíticas.

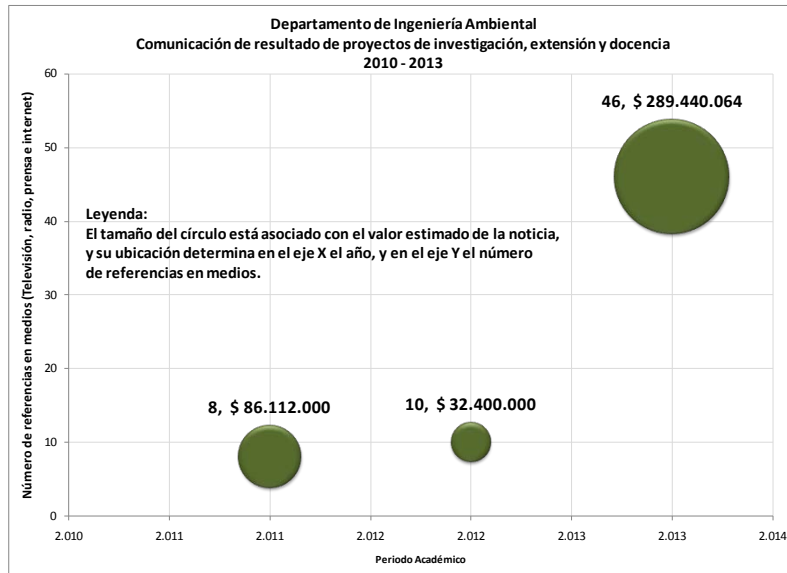
La demostración de la existencia de mercurio en el material particulado suspendido en el aire de la capital, no sólo dinamizó aún más el proceso de enseñanza y de aprendizaje al exigir la actualización del Plan de Desarrollo de la Asignatura — PDA, al permitir el análisis y estudio de un nuevo caso, e invertir de mayor credibilidad al profesor en la exposición de contenidos y la argumentación; sino que logró ser de interés para muchos medios de comunicación<sup>2</sup>, facilitando así la socialización del saber científico a un público no especializado (Cuadro 1), principalmente en Bogotá —

<sup>1</sup> Las asignaturas son: a) Gestión integral de la calidad del aire, b) Sistemas de información geográfica, c) Control de operaciones y procesos y, d) Ambiente y empresa, éste último, un curso de modalidad de grado.

<sup>2</sup> Efectivamente se lograron 46 referencias en radio, prensa, televisión e internet.

Región (Figura 1); siendo los protagonistas de las noticias la estudiante que realizó el trabajo, el profesor que la dirigió y, naturalmente, la institución.

Figura 1. Relación del valor estimado de las noticias (free press) en medios de comunicación y el número de referencias durante los años 2011 – 2013.



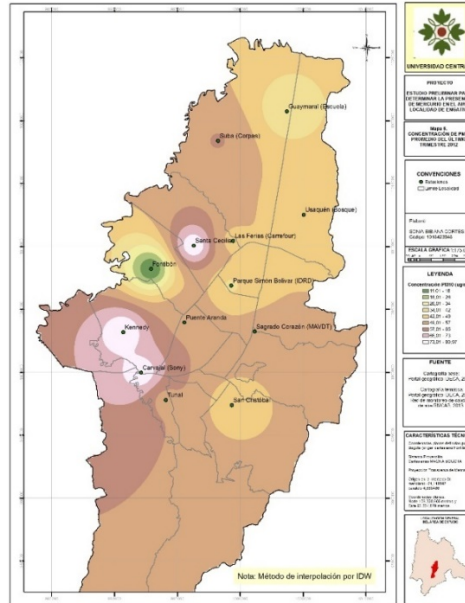
Elaboración propia con información de la Oficina de Comunicaciones de la Universidad Central.

El alcance dado al público con la divulgación de la noticia produjo cuatro cosas relevantes, a saber: a) la motivación para que una comunidad de base, expuesta a altas concentraciones de mercurio durante más de una década, encontrara un aliado para adelantar un proyecto de extensión con el fin de dar a conocer su situación y exigir el cumplimiento de sus derechos, especialmente los consagrados en la Artículos 78, 79 y 80 de la Constitución Política de Colombia; b) el interés de la Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios, sobre el método y los resultados obtenidos – en aras de dar respuesta a requerimientos de la comunidad-; c) un sano disenso con la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá sobre la existencia del problema y el nivel de riesgo inherente y; d) el resurgimiento del interés en la investigación formativa por parte de estudiantes del programa de Ingeniería Ambiental. De esta manera, el proyecto de trabajo de grado fue semilla para la docencia, la investigación y la extensión en el Departamento de Ingeniería Ambiental.

**Cuadro 1. Conclusiones y recomendaciones del proyecto desarrollado para determinar la presencia de mercurio en el aire capitalino**

Las conclusiones del trabajo desarrollado pueden sintetizarse así: a) La presencia de mercurio adherido al material particulado de 10 micras presenta un promedio diario de 0,00387 µgHg/m<sup>3</sup>, lo que representa un riesgo para la salud, especialmente en los infantes y mujeres embarazadas; b) En la estación de muestreo la concentración promedio diaria de PM<sub>10</sub> fue de 80 µg/m<sup>3</sup>, siendo muy próxima al límite nacional, indicando que la calidad del aire no es buena, ya que de todas formas incumple los estándares internacionales; c) El fenómeno de lavado atmosférico determinó una reducción del 35% de la concentración promedio de PM<sub>10</sub>; sin embargo, el mercurio localizado en esta matriz terminó reubicándose en el suelo y en el agua, manteniendo el problema a escala regional, d) Las variables micro meteorológicas tales como la velocidad, dirección del viento así como la precipitación y la temperatura definen la dispersión, acumulación y comportamiento del material particulado, y por ende, del mercurio en la zona de estudio y, e) Los métodos de interpolación para la generación de mapas de concentración de PM<sub>10</sub> indicaron un alto nivel de contaminación en las localidades de Engativá y Kennedy.

Mapa 1. Concentración de PM10 del último trimestre 2012



Así mismo, este trabajo recomendó realizar estudios de morbi-mortalidad para PM<sub>10</sub> en el occidente de Bogotá, especialmente en la población vulnerable; así mismo, investigaciones toxicológicas con relación a la presencia de mercurio en la población. De igual manera, exhorta a las autoridades competentes (Secretaría Distrital de Ambiente, Instituto Nacional de Salud y Secretaría Distrital de Salud) para que establezcan planes de seguimiento, monitoreo y control de este metal pesado.

Elaboración propia con información de Cortés & Díaz, 2012.

**2. Experiencia 2: Minería, industria y municipio**

El material particulado está catalogado como un contaminante criterio, esto significa que afecta —con efectos crónicos- la salud de las personas al penetrar la laringe y la región traqueo bronquial por medio de las vías respiratorias; produciendo, en la mayoría de los casos, infecciones y enfermedades respiratorias agudas (IRA y ERA) y la famosa Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica — EPOC.

Su presencia en zonas urbanas y periurbanas se debe principalmente a la existencia de procesos y operaciones unitarias asociadas a fuentes fijas y móviles, las cuales tienden a aumentar su número y tamaño como consecuencia de la dinámica metabólica de los centros urbanos. Sin embargo, esta situación se está presentando también en pequeños municipios con tradición agrícola y turística, debido a “la creciente demanda de materiales por los grandes proyectos de infraestructura nacional, los programas de construcción de vivienda [...]”; así como por la gran dinámica metabólica de la principal economía regional del país” (Díaz Et al, 2014).

Para corroborar lo anteriormente expuesto, se realizó un estudio para determinar la calidad del aire en el municipio de Suesca. A partir de una campaña de muestreo y monitoreo, análisis de laboratorio y la cuantificación de emisiones, se logró identificar una alta concentración de material particulado (PM<sub>10</sub>) en la zona, que superó el nivel máximo permisible anual y diario establecido en la Resolución 610 del año 2010. Investigación

que tuvo como génesis el encuentro de dos necesidades provenientes de distintos sectores, a saber: la del profesor, que buscaba un escenario real para demostrar —en el trabajo de campo- los argumentos, ideas y conceptos expuestos en las sesiones de clase y, b) la de una comunidad agobiada por la actividad industrial y minera en su territorio, que requería sustentar —desde la ingeniería- sus argumentos sobre la pérdida de la calidad ambiental y el riesgo a la salud de los habitantes del municipio.

La primera aproximación entre las partes se verificó en una salida de campo con perfil exploratorio y de dimensionamiento del problema, la cual permitió la cualificación del dispositivo pedagógico al exponer al estudiantado ante una realidad cruda y cercana, así como una actividad facilitadora entre el colectivo —con un prevención comprensible ante agentes externos- y la universidad. Posteriormente, el estudio de caso en la práctica pedagógica motivó a cuatro estudiantes para formular un proyecto guiado para determinar, con exactitud, la calidad del aire, las fuentes generadoras y los principales riesgos ambientales en el municipio. Iniciativa que fue apoyada por el *Colectivo Suesca, Pensando y Actuando*, quien suministró información y recursos, y brindó acompañamiento y apoyo logístico durante la duración del estudio.

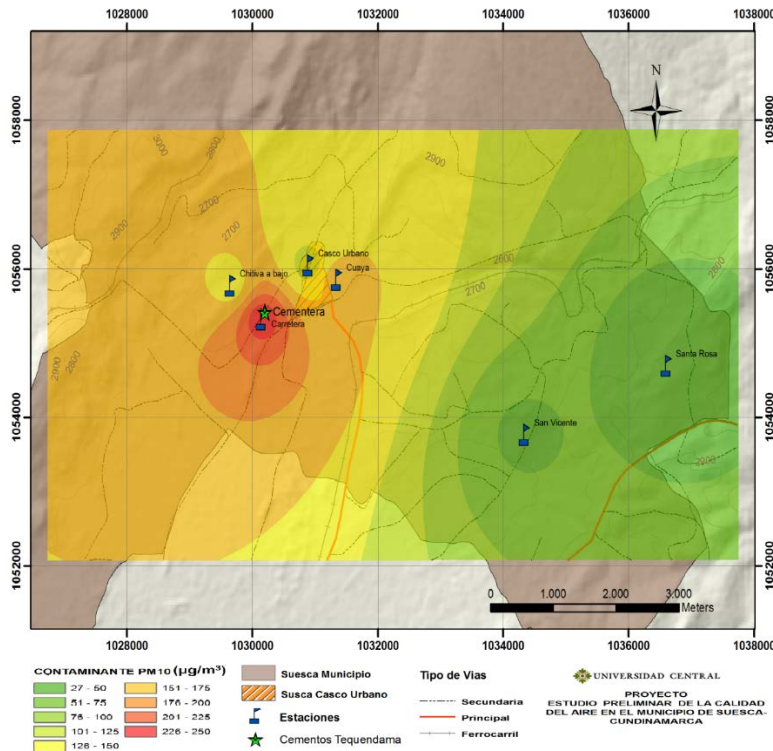
Esta experiencia de aprendizaje solidario obtuvo productos ponderables y con fines cuantitativos — exigidos para el cumplimiento de las mediciones del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación -Colciencias y el ranking institucional- (Cuadro 2); sin embargo, esto no fue lo realmente valioso, ya que el apoyo en la consolidación de sujetos políticos, el fortalecimiento —a través de la información- de una comunidad para combatir la desigualdad, inequidad, corrupción e injusticia, y la concienciación social sobre un conflicto ambiental producto de la lógica extractiva e inmediatista de una economía reprimarizada, fueron indicadores subjetivos de difícil ponderación, pero de gran impacto .

Este proceso continúa, ya que la comunidad afectada, el grupo económico dueño del enclave industrial y poseedor del título minero, los funcionarios públicos y la autoridad ambiental, mantienen un escenario contradictorio que lleva doce años sin resolverse (Díaz Et al, 2014). Por tal razón, se prevé el desarrollo de un nuevo proyecto con la comunidad, con el cual se genere nueva información útil que le permita actuar contundentemente ante el actual plan de expansión del enclave cementero y revertir el título minero otorgado, cuyo polígono colinda con el parque principal del municipio.

**Cuadro 2. Conclusiones y recomendaciones del proyecto desarrollado para determinar el estado de la calidad del aire en el municipio de Suesca**

Las conclusiones obtenidas por Díaz, Rincón, Triana, Medina y Montero (2014) pueden sintetizarse así: a) El estado actual de la calidad del aire del municipio es malo, puesto que excede la norma nacional para PM<sub>10</sub> y CO en el casco urbano y en las veredas próximas a la planta cementera; así mismo, se suman al problema otras actividades de tipo antrópico, como la explotación de los recursos naturales y las labores agrícolas, que han generado un desgaste tanto en el suelo, el aire y la biota, como en la infraestructura municipal; b) Las altas concentraciones de PM<sub>10</sub> (superiores a 100 µg/m<sup>3</sup>) posiblemente se atribuyen al material resuspendido proveniente de las vías sin pavimentar, a la operación propia de la cementera y a la explotación a cielo abierto de las materias primas; c) La existencia de monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), indican que al parecer el principal emisor de este tipo de gases es la industria cementera; d) Las variables meteorológicas tales como la velocidad, la dirección del viento, la precipitación y la temperatura determinan la distribución, concentración y el comportamiento de los contaminantes encontrados en la zona de estudio y; e) Los resultados obtenidos en las pruebas de dureza para las muestras foliares indican que el arrastre de material particulado es generado por las actividades directas y asociadas con la industria cementera.

Mapa 2. Distribución del contaminante PM10 en el municipio de Suesca.



Fuente: Elaboración propia con información de IGAC Geodatabase plancha 209

Por su parte, se propuso realizar estudios de morbi-mortalidad para PM<sub>10</sub> en la población urbana y rural del municipio de Suesca, principalmente a la población vulnerable (adultos mayores y niños entre los 0 y 5 años). De igual manera, se recomendó ampliar el monitoreo e incluir directamente a la industria cementera y a la autoridad ambiental para la validación de las mediciones.

Elaboración propia con información de Díaz Et al., 2014.

### 3. Inconvenientes presentados

El compromiso social y la práctica pedagógica en el ámbito universitario tiene que atender y resolver varios inconvenientes, entre los cuales se pueden enunciar los siguientes: a) los valores éticos institucionales no necesariamente son compartidos por el personal académico, administrativo y/o estudiantes; de tal forma que la prioridad de responder ante el sufrimiento de los otros queda relegada ante objetivos cuantitativos y de ranking, asignación presupuestal, procesos y procedimientos burocratizados e intereses personales, b) la credibilidad de la Academia ha perdido su valor social, de tal forma que los resultados, información y datos rigurosamente obtenidos, pueden ser vilipendiados en cualquier momento a través

de sistemas masivos de comunicación, redes sociales o comunicados de prensa, lo que obliga a tener oficinas de prensa y jurídicas para contrarrestar los ataques y blindar legalmente los productos académicos, c) la dificultad de formalizar los proyectos de extensión solidaria dentro de la estructura académica administrativa de la institución, ya sea por la exigencia de réditos financieros o la resistencia de la comunidad beneficiaria para poner por escrito y normalizar los compromisos, objetivos, alcances, recursos y responsabilidades, y por último, d) la despreocupación de los estudiantes por la realidad nacional, reduciendo así su capacidad de pensamiento crítico y de argumentación; y por ende, su falta de interés por mejorar la realidad existente.

## Conclusiones

- Los proyectos expuestos lograron fomentar el interés de la comunidad sobre los problemas que los aquejan, y la comprensión de los conceptos y métodos de la ciencia, la técnica y la tecnología; De igual manera, y por encima de todo, le permitió contar con herramientas para iniciar procesos mucho más formales para tratar de alcanzar la solución óptima anhelada, luego de años de olvido.
- La experiencia evidencia que el conocimiento y su proceso de generación, publicación y transferencia no es neutral, ya que —al desarrollarse en un contexto específico— atiende intereses propios o colectivos; que para este caso, corresponden al mejoramiento de la calidad de vida de las personas, la alerta y suministro de información a la comunidad y autoridades ambientales, y por default, el reconocimiento de los investigadores y el engrandecimiento de la imagen institucional.

## Agradecimientos

Estas experiencias fueron posibles gracias a la confianza otorgada por el *Colectivo Suesca, Pensando y Actuando* y a los miembros de *Sintravidicol*, Seccional Bogotá. Así mismo, al compromiso de las estudiantes Sonia Bibiana Cortés Pedraza, Katherine Rincón Perdomo, Sulay Medina Roza, María Camila Triana y Paola Montero Pinilla.

## Referencias Bibliográficas

- **Cortés S. & Díaz C. (2012).** *Estudio preliminar para determinar la presencia de mercurio en el aire de la localidad de Engativá*. Trabajo de grado. Bogotá, Colombia.: Universidad Central
- **Díaz C, Rincón K., Triana M., Medina S., Montero J. (2014).** *Minería, industria y municipio, conflicto ambiental por la producción de cemento de Suesca, Cundinamarca*. Buenos Aires, Argentina.: Universidad Nacional de General Sarmiento.
- **Giussani L. (2011).** *Educación es un riesgo: apuntes para un método educativo verdadero*. Madrid, España.: Editorial Encuentro.
- **Lamoneda D. (2014).** *Economía del bien común*. En: Foro Internacional de Municipios Sostenibles. Bogotá D.C., Colombia.: Universidad Central y Fundación Siembra Colombia.
- **Mendía R. (2012).** *Aprendizaje — Servicio como una estrategia inclusiva para superar las barreras al aprendizaje y a la participación*. En: Revista Educación Inclusiva, Vol. 5, No. 01. Jaén, España.: Universidad de Jaén.
- **Secretaría Distrital de Planeación (2014).** *Estadísticas*. Consultado el 12 de junio de 2014 en: [www.sdp.gov.co/portal/page/portal](http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal)
- **Universidad Central (2013).** *Proyecto Educativo Institucional 2013*, Acuerdo del Consejo Superior No. 11 de 2013. Bogotá, Colombia.: Universidad Central.
- **Velasco R. (2012).** *El compromiso social de la universidad*. En: Las Universidades como generadoras de la innovación: Investigación, iniciativa y responsabilidad social. Viscaya, España.: Universidad de Deusto y Foro Internacional de Innovación Universitaria.

## Sobre el autor

- **Cristian Díaz.** Ingeniero Químico, Especialista en Manejo Integrado del Medio Ambiente y Magister en Medio Ambiente y Desarrollo; profesor y actual director del Departamento de Ingeniería Ambiental de la Universidad Central. [cdiaza2@ucentral.edu.co](mailto:cdiaza2@ucentral.edu.co)

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

Copyright © 2014 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)