

CONTACTO

ISSN:2145-7077

Los retos de la sostenibilidad energética

- * Cambio climático e hidroeléctricas
- * Competitividad de las energías alternativas
- * Planeación y eficiencia
- * Abastecimiento de hidrocarburos

De la movilidad al bienestar

Propuesta de Nick Tyler para una ingeniería “civilizada”

Entrevista a los 12 exdecanos

Ellos trazaron el rumbo de la Facultad

Escuela de Verano

Web Semántica
Recuperación de ríos

La plataforma gasífera Chuchupa en el mar Caribe, en La Guajira, es operada en una alianza entre Ecopetrol y Chevron.

Número

07

abril-septiembre 2013



Sala limpia

- ▼ Investigadores del grupo CMUA (Centro de Microelectrónica de la Universidad de los Andes) realizando deposición de materiales. El uso de trajes especiales es obligatorio para disminuir la cantidad de partículas que entran a ese ambiente controlado.



2

Este laboratorio fue construido por el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, que lo administra, y la Facultad de Ingeniería. Es dirigido por un comité de investigadores del CMUA (Centro de Microelectrónica de la Universidad de los Andes), integrado por los profesores Johann F. Osmá, Alba Ávila y Fredy E. Segura. En Latinoamérica existen otras Salas Limpias dedicadas a la investigación académica, entre otras actividades, principalmente en México y Brasil.

Qué es: Un ambiente controlado donde, mediante filtros, se eliminan las impurezas del aire para impedir que afecten el funcionamiento de los dispositivos que allí se fabrican a escalas micro y nano. Se divide en tres zonas: la de fotolitografía, donde se graban patrones con materiales sensibles a la luz; la de procesos físico-químicos, donde se realizan procesos físicos como evaporaciones de metales y óxidos, procesos térmicos y procesos químicos

húmedos para grabar vidrio, polímeros, metales, semiconductores y óxidos; y la de caracterización, donde se determinan las características eléctricas, mecánicas, ópticas y de manejo de microfluidos, materiales, dispositivos y compuestos.

Para qué sirve: Para diseñar, fabricar y caracterizar dispositivos y materiales a escalas micro y nano, como dispositivos electrónicos pasivos (electrodos, resistencias, capacitancias, inductancias y antenas), nanocompuestos, membranas; microsistemas electromecánicos (MEMS) y fluidicos destinados a la fabricación de biosensores y microrreactores para detectar contaminación en el agua, separar sustancias o partículas, hacer citometría (conteo de células) o estudiar las reacciones a ciertas sustancias químicas. Además, se estudia el comportamiento de nanocompuestos y la distribución de nanomateriales en matrices polímeros para, controladamente, cambiar sus propiedades eléctricas, magnéticas, mecánicas

y ópticas. Estos estudios son claves para generar barreras electromagnéticas, empaques inteligentes y baterías. Algunos diseños se han convertido en prototipos, como un sensor inductivo de sustancias líquidas que se alimenta inalámbricamente a través de una antena.

Usuarios: Estudiantes de pregrado, maestría y doctorado de Los Andes y otras universidades, de carreras como Ingenierías y Ciencias, y aprendices del Sena. En cursos como el de Fabricación de Microsistemas trabajan en parejas de alumnos de dos disciplinas para propiciar la interacción de saberes. A los externos se les exige tener un proyecto claro y firmar un convenio con la Universidad. Adicionalmente la sala ha estado abierta a visitas de estudiantes de colegio, profesores e investigadores de otras instituciones.

Costo: La adecuación inicial del espacio costó más de 1000 millones de pesos.

Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes

Abril / septiembre de 2013

Decano
Alain Gauthier Sellier

Vicedecana Académica
Marcela Hernández

Vicedecano para el Sector Externo
Gonzalo Torres Cadena

Secretaria General
Claudia Cárdenas Gutiérrez

Directores de Departamento

Biomédica
Juan Carlos Briceño Triana

Civil y Ambiental
Eduardo Behrentz Valencia

Eléctrica y Electrónica
Roberto Bustamante Miller

Industrial
Roberto Zarama Urdaneta

Mecánica
Édgar Alejandro Marañón León

Química
Óscar Álvarez Solano

Sistemas y Computación
Jorge Alberto Villalobos Salcedo

Coordinadora de Promoción y Divulgación
Margarita María Rueda

Edición y redacción de textos
Ana Lucía Duque Salazar
y Marta Lucía Moreno Carreño

Concepto gráfico y diagramación
Enrique Franco Mendoza

Retoque digital
Gabriel Daza Larrota

Fotos
Andrés Felipe Valenzuela, archivo Oficina de Comunicaciones y Marca de Uniandes y Ómar Nieto Remolina.

Producción e impresión
OP Gráficas

- 2** Fotolab
Sala Limpia
- 4** Editorial
Consideraciones en torno a los retos energéticos

Energía

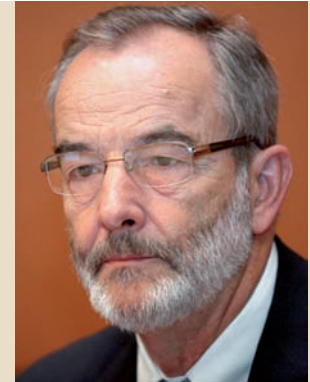
- 5** Diversificar la canasta energética, estrategia para el futuro
- 12** Hidrocarburos no convencionales, costosos pero abundantes
- 16** Adecuarse al nuevo escenario, desafío de la planeación
- 20** Energía solar para una agroindustria tradicional
- 22** Tecnología de punta contra la contaminación
- 24** Egresado
Negocios petroleros *offshore*, un mar de posibilidades
- 27** Movilidad sostenible
En busca de una ingeniería "civilizada"
- 31** Buscan predecir accidentes de transporte escolar
- 33** Homenaje
Exdecanos con mucha visión
- 41** Escuela de Verano
La Web Semántica, una manera inteligente de relacionar los datos
- 44** Recuperar ríos es de países civilizados



Campo gasífero Chuchupa en La Guajira.
Foto cortesía Ecopetrol

- 47** Innovación y emprendimiento
Proyecto Mitad de Carrera: Programa para acercarse a problemas del país
- 50** Las preguntas obligadas de un innovador
- 52** Destacado
"Hay que formar seres humanos integrales": José Ignacio Rengifo
- 54** Reconocimientos
Dispositivo ocluser recibe certificado de patente y otros reconocimientos
- 58** Eventos
Lanzamiento del robot Lunabot de Uniandes y otros eventos
- 61** Tesis doctorales
- 62** Argumento
Perspectivas de la bioprospección bajo el marco de la Ingeniería Bioquímica colombiana y los biocombustibles
- 63** Fotolab
Sala Limpia

Consideraciones en torno a los retos energéticos



Actualmente, a nivel mundial, más del 85 % de la energía proviene de los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas), 6 % de la energía nuclear, 6 % de la hidráulica; las energías renovables (otras diferentes del agua, como biomasa, eólica, solar y geotérmica) representan solo el 3 % del total.

En el caso colombiano, el 70 % del petróleo y carbón que se produce se exporta, y el consumo interno proviene de: fósiles 70 %, hidráulica 18 %, biomasa 11 %, y renovables diferentes a las dos anteriores menos del 1 %.

Múltiples son las preguntas: ¿Cómo propiciar un crecimiento económico sostenido con recursos que son agotables? ¿Cómo usar de manera más eficiente la energía? ¿Cómo aprovechar las nuevas fuentes no convencionales de hidrocarburos (*shale gas*, petróleo pesado, *offshore* en el caso colombiano)? ¿Cómo formar los expertos que necesita el país? ¿Cómo desarrollar estrategias y técnicas para limitar los impactos ambientales de la explotación y uso? ¿Cómo mejorar nuestra calidad de vida con la energía? ¿Cómo maximizar los beneficios sociales? ¿Cómo, en una época de nuevos hidrocarburos y de recesión económica, desarrollar las energías no convencionales? ¿Cómo participar, desde Colombia, del momento histórico de evolución tecnológica y aprovechar la bonanza actual para desarrollar empresas?

La Facultad de Ingeniería, en un intento de aportar soluciones a estas preguntas, ha creado el Centro

de Investigación Estratégica en Energía. Su misión es concebir una manera moderna de entender la energía considerando nuevos esquemas de mercado y negocios, fuentes no convencionales y más limpias, avances en tecnologías de redes, estrategias de cobertura, abastecimiento y utilización más eficiente con una visión de desarrollo sostenible, con enfoque multidisciplinario, y formar los investigadores que necesita el país. Durante los últimos 5 años, 35 profesores han desarrollado proyectos por más de US\$18 millones en áreas relacionadas con energía. Los profesores son reconocidos en América Latina. Uniandes ha sido una institución pionera en el estudio de políticas energéticas y su regulación en Colombia; además tiene fuertes relaciones con empresas y responsables del Gobierno. La Facultad tiene un potencial alto en áreas de investigación aplicada como: *Smart grids*, vehículos eléctricos, biocombustibles, modelaje y simulación, recursos no convencionales y cambio climático.

Otros tres CIE, con masa crítica de investigadores e interdisciplinarios, se constituyeron para que la Facultad aporte de mejor manera a resolver los grandes problemas del país y con un mayor impacto en el desarrollo de Colombia: Agua, Movilidad Sostenible y Materiales, y está en construcción otro en el área de Tecnologías de Información y Telecomunicación.

Esta edición de la revista CONTACTO muestra algunas de nuestras contribuciones a este desafío nacional y mundial de la energía. ■

Alain Gauthier Sellier
Decano Facultad de Ingeniería

Diversificar la canasta energética, estrategia para el futuro

¿El sistema energético colombiano es sostenible? ¿Qué planes y acciones se han adoptado para enfrentar la degradación ambiental? ¿Se acabará el petróleo? ¿Por qué no se estimula el uso de las energías limpias? Varios expertos consultados resolvieron estas y otras preguntas.

5



▲ Colombia cuenta con dos grandes refinерías: la de Barrancabermeja y la de Cartagena, cuya ampliación tiene un costo superior a los 4800 millones de dólares.

Foto cortesía Ecopetrol

Dos grandes desafíos enfrenta el sector energético mundial: el cambio climático y un consumo en aumento. Y, al parecer, si no hay modificaciones drásticas en el enfoque político sobre el tipo de generación y de uso de la energía se acelerarán los efectos destructivos de las emisiones contaminantes en la atmósfera.

En primer término, hay que partir de la idea de que, además de las emisiones de CO₂ y gases de efecto invernadero, cualquier desarrollo energético tiene un costo ambiental. No solo hay una afectación directa del entorno —en la explotación de carbón y de petróleo y en la construcción de hidroeléctricas— sino que

se emplean enormes cantidades de agua en su producción. Juan Arjona, ingeniero civil uniandino, gerente de Tecnología del segmento *offshore* de Technip, firma fabricante de infraestructura petrolera, afirma: “Para generar 1 kW/h de electricidad con carbón se consumen entre 1 y 2 litros de agua; entre 0,5 litros (en plantas de ciclos cerrados) y 2 (usando torres de enfriamiento) cuando se produce con gas. Una hidroeléctrica utiliza cerca de 5,5 litros de agua (por evaporación)”. Para la producción de 1 litro de bioetanol se emplean 4000 litros de agua que queda contaminada. Desde ese punto de vista únicamente pueden considerarse energías limpias la eólica o la solar.



▼ Parque eólico en Alemania. El Ideam caracterizó los vientos y las potencialidades de la energía eólica y solar en el 2005 y el 2006 en el “Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia” y el “Atlas de Radiación Solar de Colombia”.

Foto Mbortmund [Trabajo propio] <http://bit.ly/17eB6G6>



▲ Juan Arjona, gerente de Tecnología de Technip.

“Para el 2050, el agua va a ser el nuevo petróleo”. Esta afirmación de Arjona, aparentemente extrema, no resulta absurda frente a la realidad del cambio climático, que incidirá severamente en el comportamiento hidrológico de un país como el nuestro, a pesar de su gran cantidad de fuentes de agua dulce.

De acuerdo con el estudio “Indicadores, tendencias y escenarios hidrológicos para el cambio climático”, realizado por el Ideam-Pnud en el 2010, este fenómeno mundial sumado a la acción en los ecosistemas de una población creciente, ha causado la alteración de

los patrones hídricos. Esto ocasionará un “mayor número de fallas en sistemas productivos hidrodependientes”. Para evaluarlas de manera más precisa, apoyándose en tecnologías de información, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y Colciencias contrataron con la Universidad Javeriana una investigación. Su objetivo será analizar “el potencial hidroenergético de Colombia a partir de las características fisiográficas de su territorio y la disponibilidad de agua de sus diferentes cuencas”.

En Colombia, el 19 % del consumo de energía proviene de la hidroelectricidad. En su mayoría se aplica en uso residencial, industrial, comercial y público. Si bien su capacidad hidroeléctrica

le otorga al país una alta independencia energética, las alteraciones climáticas pueden trocar esta ventaja en un problema. Por ello, ha dicho la directora de la UPME, Ángela Cadena, que “es necesario reevaluar los criterios de análisis para poder incluir estos nuevos hechos ambientales dentro del ciclo de planeamiento. El error es centrarse en un desarrollo solo hidráulico”. Ella considera preciso diversificar la oferta de la canasta energética, si bien el gas es el hidrocarburo adecuado para una transición hacia energías más limpias.

La entidad de planeamiento estima que la relación reservas/producción para el gas es de 17,1 años, momento en el cual, si no hay nuevos hallazgos, habría que importarlo. De acuerdo con un documento preparado en el 2012 por el Grupo de Trabajo CIER 08, de la Comisión de Integración Energética Regional, “frente a una mayor demanda de gas para generación térmica, se presentarán restricciones de abastecimiento por limitaciones de suministro y transporte”, condiciones que se deben corregir. Así pues, transformar la dependencia hídrica —que ahora es de 4 a 1 en relación con la térmica— implica invertir no solo en dos plantas de regasificación que se van a construir, sino ampliar y modernizar la red para el de gas. Los estudios que determinan la inversión y obras requeridas en esta infraestructura están en ciernes.

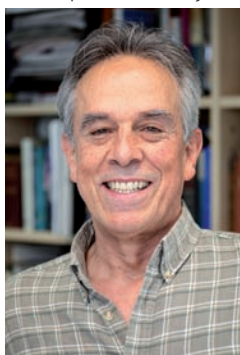
Qué país queremos

Además de esas nuevas condiciones climáticas que plantean unos retos en planificación para escenarios de crisis, en Colom-

¿Se va a acabar pronto el petróleo? ¿Cuántas reservas tiene el país y cuál es su potencial? ¿Se han tomado provisiones en la infraestructura para contrarrestar una disminución en el abastecimiento en sectores tan subordinados como el transporte y algunas industrias? ¿Qué papel jugarán en ese entorno las energías limpias y qué se hace para implementarlas? Y, con vistas al futuro, ¿se está preparando a los actores del mercado energético para la transformación hacia el consumo en la generación distribuida y las redes inteligentes?

Revista CONTACTO consultó a varios expertos en diferentes áreas en busca de resolver algunas de estas inquietudes que hablan de la sostenibilidad del sistema en el mediano plazo y de la Nación en el más largo.

Algunos, como el profesor Jaime Loboguerrero, del Grupo de Conversión de Energía del Departamento de Ingeniería Mecánica, que ha trabajado durante muchos años el tema de las hidroeléctricas, afirman que todo depende de si se define el tipo de país que queremos ser y de cómo se diseñe y planee el alcance del objetivo propuesto.



▲ Jaime Loboguerrero, profesor del Departamento de Ingeniería Mecánica.

Por ejemplo, dice, no deberíamos desechar la idea de ser mitad agrícola y mitad industrial, ubicando esas empresas en la costa, cerca de los puertos, para no sumarles a los productos el costo del transporte. Es que “es más costoso enviar una carga de Bogotá a Cartagena que de Cartagena a China”.

A ese respecto, el ingeniero Arjona considera que se debe aprovechar el actual *boom* petrolero, que produce



Foto Lantus (Trabajo propio) [CC-BY-SA-3.0] <http://bit.ly/pTGWV>

▲ Eurobahn en Düsseldorf-Bilk. Según los expertos, Colombia debe aprovechar los dineros del *boom* petrolero actual para electrificar sus trenes y modernizar el transporte.

“dinero gratis” para construir la infraestructura que permita exportar en forma competitiva. Invertir el dinero del petróleo en carreteras “de calidad mundial”, en trenes de alta velocidad para movilizar gente y carga pesada, en infraestructura eléctrica para que todo el país tenga acceso a la electricidad; en infraestructura financiera que dé a emprendedores acceso al dinero de inversionistas o de bancos; en infraestructura educativa para que nuestra mano de obra no se compare con la china o la africana sino con la europea o la americana; en infraestructura legal y de seguridad.

Las regalías de los combustibles fósiles deberían tener un destino específico para construir la energía del futuro —señala a su vez el profesor Orlando Porras, del Departamento de Ingeniería



▲ Central Solar Fotovoltaica de Amareleja, en Portugal. En La Guajira, la radiación solar es de casi el 90 % de la que tiene el desierto del Sahara, la más alta del mundo. El país debe aprovechar esa ventaja.

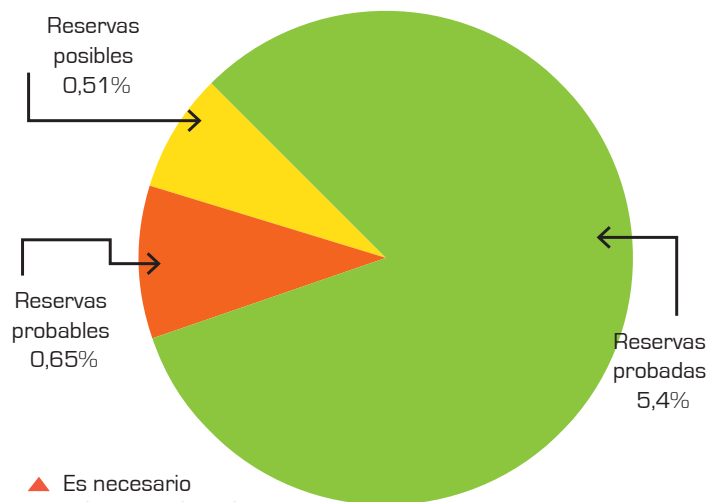
Foto Hugo Cadavez from Maia, Portugal [Alentejo 2012-09-15 018 Uploaded by tm] [CC-BY-2.0] <http://bit.ly/NlrmDL7>, via Wikimedia Commons

▶ Chuchupa, planta *offshore* de extracción de gas. Colombia cuenta con reservas de este combustible para algo más de 17 años.



Foto cortesía Ecopetrol

Reservas de gas natural - diciembre 2011



▲ Es necesario robustecer la red de transporte de gas del país para un posible aumento en la demanda.

Fuente: Ministerio de Minas y Energía

Mecánica— porque las transiciones en los sistemas energéticos toman de 50 a 100 años. “Sería razonable levantar de nuevo las vías férreas y que pusiéramos a andar esos trenes con energía eléctrica: consumimos cantidades ingentes de combustibles fósiles para transportarnos en una geografía muy complicada”. Sin embargo, también afirma que “los países inteligentes diseñan soluciones complementarias” pues es poco probable que tengamos la disponibilidad eléctrica para abastecer todas esas demandas. Dentro del suministro energético nacional “es más lo que se consume en petróleo que en energía eléctrica”.

De acuerdo con las cifras de la UPME, que también está encargada de unificar datos del sector, el 66 % de la energía que usa el país proviene de hidrocarburos, el 19 % de hidroenergía y el 10 % de biomasa. El transporte emplea el 38 % —kerosene y *jetfuel*, gasolina de motor, diésel y gas natural—, mientras que el 21,7 % se usa en el sector residencial —que además de la eléctrica se abastece de gas licuado (12 %) y de leña (28,9%)— y el 23,7 % en el industrial. Por eso, el profesor Porras anota: “Si hay que pasar de una a la otra significa multiplicar por dos o tres la capacidad

de producción eléctrica y no podrá ser solamente en términos hidráulicos” porque estará expuesto a las imprevisiones que ya se han mencionado. Y complementa: “Cuando no hay agua hay mucha radiación. Podríamos desarrollar infraestructuras para la generación de electricidad térmica concentrándola con receptores que dan altas temperaturas”. Este ingeniero mecánico, doctorado en Ingeniería de Procesos en la Universidad de Pau (Francia), ha realizado investigaciones en conversión de energía, termodinámica, mecánica de calor y trabajó durante muchos años estudiando modificaciones a sistemas pequeños como las bombas de calor, “una tecnología que representa un ahorro en el consumo pues si toman 100 unidades de energía eléctrica se pueden obtener hasta 300 unidades de calor”.

Además opina que “nada hay más democrático que las energías renovables, porque todo el mundo tiene acceso a ellas”. Considera que ya que el campo está mal energizado, opciones como la eólica o la solar deberían tenerse en cuenta para desarrollar agroindustrias que impulsaran el progreso del país. “Tenemos lugares extremadamente lluviosos como el Chocó, con radiaciones del 51 % —más de la mitad del desierto del Sahara, con el valor más alto en el planeta—, que cualquier especialista apreciaría, si se considera que en Europa solo hay un 25 % de radiación. Y en La Guajira llegamos al 85 y 90 % del nivel máximo del Sahara. Esa inversión se recuperaría muy rápido y nos daría una cierta seguridad frente a una ausencia hidráulica”. Un ejemplo de esa opción es el proyecto “Mejoramiento de la extracción de almidón de sagú asistido con energía solar” (2011), donde las ideas del profesor Porras funcionan en un escenario productivo real de Pasca, Cundinamarca (ver nota pág. 20). “En todas partes del mundo el uso de la energía alternativa ha sido impulsado por el Estado porque necesita una masa crítica para que arranque”.

A la Nación le corresponde garantizar que se genere energía para todos, no solo para las grandes ciudades donde la rentabilidad de las empresas prestadoras es superior debido al volumen de consumo mínimo asegurado. Es lo que opina Juan Arjona, quien explica que el crecimiento del nivel de vida de una población apartada beneficia a todo el país y es un síntoma de un bienestar económico.

El problema de las renovables es que siguen sin ser competitivas frente a tecnologías probadas como las extractivas, las hidroeléctricas e incluso las termoeléctricas. Una manera de que lo sean sería con un impuesto al consumo de agua, a la contaminación, a la emisión de gases de efecto invernadero. Este costo impulsaría investigaciones en tecnologías limpias y su uso. “Y hacia allá iremos —manifiesta Juan Arjona—. El dinero recaudado podría emplearse en remediar los problemas causados, en prevenir los desastres del cambio. Si a la planta de carbón se le obliga a capturar el CO₂ que emite —una acción muy costosa—, a esa empresa le resultaría más económico instalar torres de viento en el mar”.

Foto By Gregory Lesturgez [Own work] [CC-BY-3.0 <http://bit.ly/YHxLGk>] via Wikimedia Commons



▲ Cosechadora de caña de azúcar en Brasil. En el Valle del Cauca, muchos ingenios han instalado pequeñas termoeléctricas alimentadas con el bagazo y la energía que producen la venden a la red eléctrica.



▲ José Fernando Isaza, expresidente de Ecopetrol.

El expresidente de Ecopetrol José Fernando Isaza asegura que el sustituto del petróleo deberá tener las cualidades que hacen de los hidrocarburos un energético sin competencia: un precio muy bajo, facilidad de transporte y una densidad energética maravillosa. Y, dice, se consume lo que cueste menos. El profesor Isaza ha enseñado en varias universidades del país, es experto en asuntos de energía, ingeniero electricista de la Universidad Nacional de Colombia y Doctor *Honoris Causa* de la Universidad de Caldas. Además, es columnista del diario *El Espectador*.

Aunque ese podría ser el caso de los biocombustibles, el ingeniero químico Andrés González Barrios asegura que no se han hecho estudios adecuados para establecer su bondad: “No está claro si la cantidad de CO₂ que capturan la caña de azúcar o la palma africana es similar, mayor o menor a la emitida por la quema del combustible producido con sus residuos lignocelulosos. La pregunta que no se ha respondido correctamente es ¿cuál es la huella de carbono en este tipo de proceso? Todo depende en gran medida de la industria, de la manera como lo producen, del material usado: cada uno tiene distintas implicaciones en los costos del proceso”.

A esto se suma que, en Colombia, la fabricación de etanol es un negocio que favorece, según el columnista Isaza, a pocos: “Es el proyecto mejor diseñado para enriquecer a unas 400 familias



Foto cortesía Ecopetrol

con el trabajo de todos. Por la venta reciben un 45 % más que la gasolina de Ecopetrol. La última vez que hice el cálculo me reportó unas ganancias de 900.000 millones de pesos al año, calculando el subsidio y los costos de producción. Y como su uso es obligatorio es el negocio perfecto”.

Uso eficiente de la energía

A pesar de esa desventaja frente a los hidrocarburos, los expertos concuerdan en la necesidad de una oferta variada en la “canasta energética” para reducir la dependencia con la perspectiva de atenuar los efectos ambientales aunque, como dice el ingeniero electricista Isaza, “la edad del petróleo se va a acabar antes de que se acabe el petróleo”. Por ello, hay quienes concuerdan en que corresponde al Gobierno impulsar la investigación, la promoción y el uso de energías limpias como política de Estado. Es lo que pretende hacer el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales (Proure), adoptado por el Ministerio de Minas y Energía en el 2010. Proure establece un plan de acción al 2015 con visión al 2020 y es el desarrollo de la Ley 697 del 2001, llamada del Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE).

- ▲ Se estima que el 75 % del diésel que producirá la refinería de Cartagena (Reficar), una vez estén listas las 14 unidades de la ampliación, será para la exportación.

Ángela Cadena, directora de la UPME, ingeniera eléctrica que ha sido profesora de Los Andes, asegura que “si queremos optimizar los recursos de investigación y desarrollo debemos trabajar de la mano con Colciencias y definir líneas de investigación claras y específicas, en qué área avanzaremos, porque no hay recursos suficientes para convertirnos en desarrolladores de tecnología en todos los campos”. En ese sentido, la UMPE firmó un convenio con Colciencias para trabajar temas relacionados con las Fuentes no Convencionales de Energía (FNCE), con énfasis en la solar y la eólica en zonas determinadas del país.

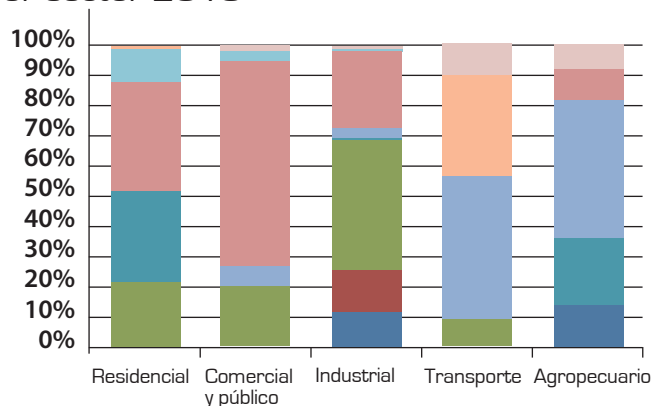
En la Ley 697 y en el Proure se establecen beneficios tributarios como exclusión de IVA cuando se demuestre reducción en el consumo y eficiencia energética por el uso de las no convencionales, o deducciones “en la renta por inversiones en control y mejoramiento del medio ambiente en bienes, equipos o maqui-

naria destinados a proyectos, programas o actividades de ahorro” y/o eficiencia energética. Otra de las acciones está reseñada en el Informe de Gestión 2012 de la UPME, según el cual el Banco Interamericano de Desarrollo otorgó recursos por 1.200.000 dólares para “promover enfoques de mercado para las energías renovables, contribuyendo a la eliminación de las barreras que impiden el desarrollo de la energía renovable no convencional”.

El Proure estima un potencial de ahorro total eléctrico a 2015 del 20,2 % y una meta de ahorro en un escenario alto de 14,8 %, en un escenario medio de 10,1 % y en un escenario bajo de 5,1 %. También planea líneas de acciones muy específicas en todos los sectores para lograr disminuir el consumo. Sin embargo, tan solo establece un subprograma relacionado con las FNCE, encaminado a la caracterización de los recursos solar, marino, de biomasa y de vientos como un primer acercamiento a la producción de tecnologías ambientalmente amigables. Empero, propende a la promoción de “especializaciones y maestrías con investigación en fuentes renovables, tecnologías limpias de transformación de energía, sistemas y aplicaciones pasivas” de esas fuentes.

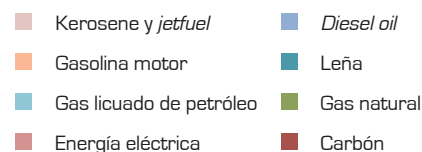
En este sentido hay un cambio evidente de política si se compara con los resultados del estudio “Plan de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo de la energía sustentable en Colombia”, desarrollado por el profesor Rafael Beltrán, ingeniero mecánico, contratado por Colciencias, en asocio con Kema-Cenergia. Dice el investigador que, hasta ahora, “el Estado colombiano promueve solamente aquellas tecnologías que son competitivas. Lo que haya que subsidiar, no. Sin eso, las FNCE prácticamente no tienen futuro, es la conclusión a la cual hemos llegado. Estudiamos las zonas interconectadas y las que no lo están, donde claramente esas alternativas sí son competitivas porque el Estado no puede llegar allá con el galón de ACPM para operar una planta. En área, el 60 % del sector rural del país no está interconectado: 2 millones de personas. Esos lugares necesitarían energías eólicas o solares para contar con un suministro más o menos permanente. Pero las FNCE no tienen el suficiente desarrollo tecnológico para soportar una industria. Seguimos dependiendo del petróleo y de la hidroelectricidad”. ■

Consumo final por energético por sector 2010

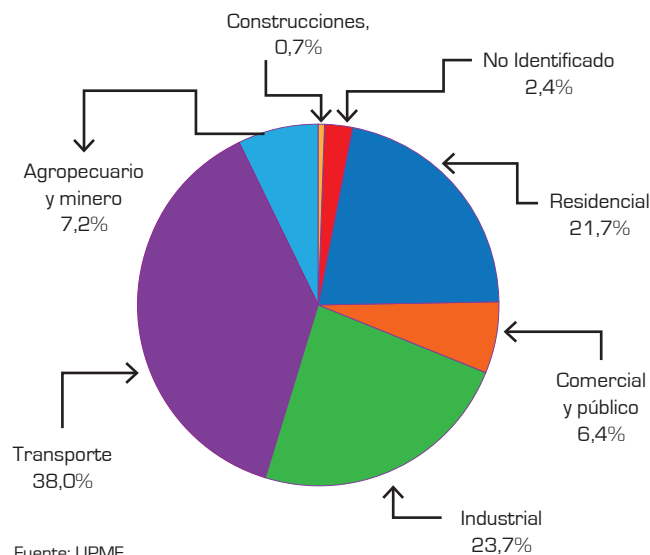


Fuente: UPME

▲ El principal consumo del transporte, el sector que más demanda energía y que debería diversificarse, es de derivados del petróleo.



Consumo final por energético 2010



Fuente: UPME

▲ Más que sustituir un energético por otro, conviene diversificar la oferta para disminuir la dependencia hidroeléctrica y del petróleo y sus derivados.

Hidrocarburos no convencionales, costosos pero abundantes

¿Una sociedad y un sistema productivo tan subordinados al petróleo y a la hidroenergía tienen claro cómo van a actuar en el futuro?

Las nuevas tecnologías señalan un escenario que plantea enormes retos para los ingenieros.

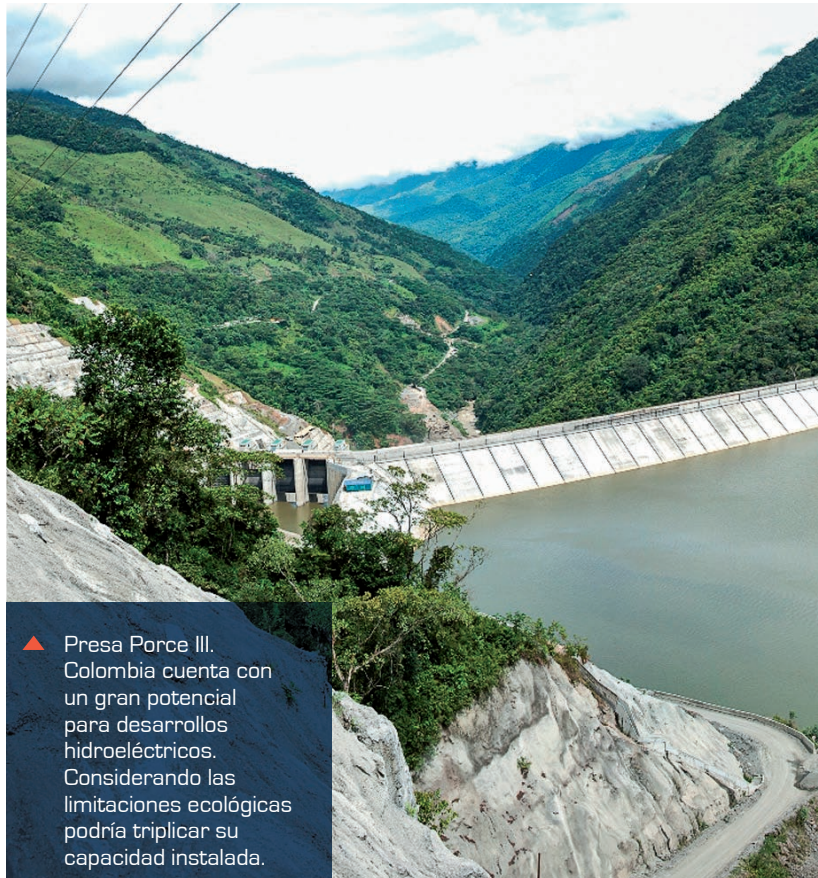
12

El crecimiento económico colombiano pronosticado para próximos años implica que más gente tendrá acceso a la energía, a computadores, a luz eléctrica, a aire acondicionado, a agua caliente, al tiempo que se van a popularizar más los sistemas que consumen energía. Por eso hay que conciliar los impactos ambientales con la necesidad de la infraestructura. Sin embargo, en el campo eléctrico se han extremado los requisitos de las licencias ambientales para la construcción de hidroeléctricas y de líneas de transmisión de alta tensión. Luis Fernando Alarcón, ingeniero uniandino y presidente de ISA Interconexión Eléctrica S. A., dueña del 80 % de las líneas de alta tensión del país, asegura que “por todas las razones asociadas al cambio climático y con la mayor conciencia sobre la necesidad de manejar adecuadamente los impactos ambientales, se requiere una acción más coordinada de todos para hacer las obras con la oportunidad debida. Porque como nadie puede hacer lo imposible, si hay que pasar por una zona de páramo, de antemano debería preverse que eso será así. Si el Gobierno define previamente los trazados, el agente tendrá garantizada la factibilidad del proyecto”, dice. ISA participa en las convocatorias públicas de la Unidad de Planeación Minero Energética, (UPME), para expandir la red, de acuerdo con los planes trazados por la entidad gubernamental.

¿Más o menos hidroeléctricas?

Frente a los requerimientos de expansión, ingenieros como Jaime Loboguerrero, profesor del Departamento de Ingeniería Mecánica, o Juan Arjona, gerente de Tecnología del segmento *offshore* de la empresa Technip, no dudan en que el temor a los daños ambientales no puede detener la construcción hidroeléctrica o su red de transmisión porque, además, se pueden “tomar medidas de restitución ecológica, reemplazar la zona inundada por parques forestales y pensar en las migraciones de hábitats. Optar por otro tipo de generación que aumenta las emisiones de CO₂ a la atmósfera termina generando un cambio que ocasiona inundaciones y sequías, aún más dañinas para los hábitats en cuestión”. Por su parte, el estudio del Ideam-Pnud del 2010,

“Indicadores, tendencias y escenarios hidrológicos para el cambio climático”, señala que “ya existe un continuo incremento de la presión sobre el recurso hídrico y que el factor conductor de este proceso subyace en la dinámica poblacional creciente de Colombia, más colombianos significa mayor demanda de servicios ambientales y productivos del agua. Este incremento se agudizará en la medida de la severidad de los efectos del cambio climático”.



▲ Presa Porce III. Colombia cuenta con un gran potencial para desarrollos hidroeléctricos. Considerando las limitaciones ecológicas podría triplicar su capacidad instalada.

Sobre la acción del hombre, el profesor Loboguerrero comenta que la consecuencia de la tala de los bosques sobre las hidroeléctricas es “funesta no solo porque se degrada el ciclo de los ríos sino también porque los sedimentos dañan las máquinas. Los lagos de las grandes hidroeléctricas se están colmatando. Conocí las plantas de la Chec, en Caldas, construidas en los años 30 y 40, cuyos lagos están llenos de barro. Durante medio año limpian una parte con retroexcavadora y el otro medio la otra parte y así se la pasan todo el tiempo. La sedimentación es culpa de la actividad humana en todos sus estamentos sociales. Cuando hablamos de impacto ambiental tenemos que pensar de manera integral. Por ejemplo, el Acueducto compró todas las tierras de Chingaza y no permite que haya campesinos porque el agua limpia de Bogotá depende de ese bosque”.

Pero no toda generación hidroeléctrica proviene de obras de gran envergadura. Como señala Ángela Cadena, directora de la UPME, “hay un gran interés en proyectos de pequeña y mediana escala por su flexibilidad, menores periodos de recuperación de la inversión y facilidades para cumplir y obtener ventajas de la regulación. Al respecto estamos estudiando y verificando si llevan al mejor uso del recurso hídrico”.

Además, la regulación colombiana permite montar una pequeña central hidroeléctrica (PCH) si produce menos de 20 MW. “Antioquia tiene una riqueza extraordinaria en PCH, es una región de muy buenas condiciones de lluvia y con un potencial gigantesco —dice el profesor Loboguerrero—. Con obras de este tipo comenzó la electrificación del país en los años 30 y 40. Hay dos formas de extraer la energía del agua: con un lago o reservorio que ayuda a emparejar las variaciones climáticas de pluviosidad —almacenar en invierno—; o desviando el río por una topografía en busca de una caída, sin represarlo. Esta es una obra de ‘filo de agua’ y la mayoría de nuestras PCH son de estas características. Tenemos pocos lagos gigantes (Guavio, Chivor, Guatapé) o presas como Calima y la capacidad de almacenamiento del país no es mucha. Como nuestro régimen de lluvias es cuantioso y hasta ahora ha sido más o menos constante, no nos han hecho falta. Las obras de ‘filo de agua’ son más baratas y su impacto es menor”.

De acuerdo con cifras de la UPME, y sin mucha claridad acerca de la incidencia del cambio climático sobre la oferta hídrica, Colombia podría triplicar su capacidad instalada que hoy es de algo más de 14 GW. “La hidroelectricidad tiene un potencial altísimo, en especial si pensamos que la era del petróleo acabará



Foto cortesía archivo EPM

en 40 años. Ampliaciones como la de la refinería de Cartagena, que cuesta más de 4500 millones de dólares, no tienen mucho sentido” en ese escenario, dice el profesor Loboguerrero.

Otros como el ingeniero electricista y exministro José Fernando Isaza piensan que la edad de los hidrocarburos terminará antes de que las reservas del planeta se agoten. “Según las estadísticas de British Petroleum, la relación reservas/producción para el petróleo es superior a 50 años. Para el gas natural es superior a 60 años y para carbón a 110 años —señala Ángela Cadena—. En Colombia estas relaciones son de 6,8 años para el petróleo, 17,1 años para el gas natural y más de 100 años para el carbón (cifras de 2011)”.

“Deberíamos estar electrificando nuestro sistema de transporte que es el que más hidrocarburos consume”, dice Loboguerrero, mientras Cadena opina que “cambiar de energético implica transformar una base de infraestructura tecnológica gigantesca, lo cual no se da de la noche a la mañana”. La realidad es que nuestro sistema de vida es mucho más dependiente de los combustibles fósiles de lo que quisiéramos. Dice Juan Arjona: “¿Se imagina el mundo sin plástico? El petróleo es la base de la gran mayoría, de los fertilizantes y aceites, de los pavimentos, de los químicos, etc. Yo insistiría en promover el desarrollo de vehículos que usen gas o electricidad, exigir altos estándares en la calidad del diésel para transporte pesado, y dejar el petróleo para producir plásticos, fertilizantes y combustible para transporte aéreo”.

Nuevas tecnologías, nuevos petróleos

A los avisos alarmistas de años atrás sobre el fin del petróleo sucedieron las noticias de nuevos hallazgos, pues el mundo aprendió a extraer crudos pesados, crudos a grandes profundidades, con tecnologías que permitieron hacer rentable lo que antes no era, aunque extraerlo valga más. Ahora, además de las explotaciones en mar abierto (*offshore*), surgen alternativas no convencionales gracias a las cuales es posible extraer de rocas combustibles como el petróleo y el gas de esquisto —*shale gas* o el *shale oil*—, de arenas, de barros.

En el mundo ya llegamos a un *peak-oil*, un pequeño incremento en la demanda con el consiguiente aumento en el precio en forma exponencial. Pero el reemplazo de reservas no ocurre a la misma velocidad que el consumo —explica Juan Arjona— y cada vez la extracción, y en algunos casos la refinación, cuesta más. “El petróleo barato se acabó, sigue el petróleo caro, que igual se agotará. El costo de extracción varía: en general, sacarlo en tierra, en Estados Unidos, vale US\$ 33/barril (bbl); en el Medio Oriente vale US\$ 2/bbl; *offshore*, US\$ 31/bbl en Estados Unidos y US\$ 25 en Australia. Los *tar sands* en Canadá valen US\$ 51/bbl y el *shale gas* más o menos US\$ 27/bbl-equivalente. Hay grandes cantidades de gas, que reemplazará al petróleo, aunque es más oneroso, en términos de infraestructura, explotación, transporte y distribución. Su precio varía muchísimo según donde sea con-



◀ Juan Benavides,
director del CIDER.

sumido, lo que genera oportunidades muy interesantes y hace difícil estimar el futuro”.

El experto también asegura que estos petróleos no convencionales cambiarán la geopolítica mundial, porque se predice que Estados Unidos, que ya está convirtiendo terminales de licuefacción de gas para sacarlo, dejará de importar y empezará a exportar. Además, “China y Argentina tienen cantidades absurdas de *shale gas*”.

El problema es que su explotación requiere enormes cantidades de agua porque se hace por hidrofractura; demanda áreas de terreno muy grandes para abrir muchos pozos y el riesgo de contaminar los acuíferos es también muy alto. “En realidad, implica un problema ecológico complicado. Se hace necesario un Estado fuerte para controlar y asegurar que en la operación no se contaminarán los reservorios de agua con metales pesados ni el ambiente con materiales radiactivos”. Adicionalmente, es imperativo evitar cualquier escape de gas sin quemar, pues este tiene un efecto invernadero 60 veces más alto que el del CO₂.

Nuestro país no dispone de tecnologías para este tipo de explotaciones. Apenas está considerando la formación de ingenieros que trabajen en mar abierto (ver pág. 26). “La costa de Colombia está inexplorada y personalmente creo que tiene mucho futuro —comenta Arjona—. Si lo hacemos inteligentemente, el petróleo en altamar puede generar una nueva industria en el país, que beneficiará desde los ingenieros hasta los operarios de puertos. En los últimos 20 años, la mitad de las reservas se han encontrado en el mar”.

Algunos expertos como el director del Centro Interdisciplinario de Estudios sobre Desarrollo (Cider) de Los Andes, el ingeniero eléctrico Juan Benavides, consideran que el nivel de reservas colombianas no nos hace un país petrolero, en especial si se compara con vecinos como Venezuela —con 300.000 millones de barriles de reservas, las mayores del mundo—. Por su parte, el ingeniero Arjona opina que hay que saber aprovechar



▼ Porce II. Aunque el país tiene una enorme riqueza hídrica, debe diversificar la canasta energética para no depender de la hidroelectricidad que podría verse afectada por los cambios en el comportamiento del clima.

el *boom* actual del país. “Si el costo de extracción y transporte es de, digamos, US\$ 35/bbl, y se vende a US\$ 110/bbl, hay un componente del 70 % que es gratis. Es dinero que aparece sin ninguna base productiva. Esto tiene implicaciones serias en una sociedad, si ese ingreso no se convierte en un generador de trabajo y producción que diluya ese 70 % de inflación. La bonanza petrolera ya ha herido fuertemente a la industria exportadora; el Gobierno debe tomar medidas para protegerla”. Por eso piensa que la pregunta pertinente es: ¿Qué se debe hacer si seguimos encontrando petróleo? “Creo que es más importante planear esa posibilidad que estar pensando en cuando se acabe”.

Ya sea para la explotación *offshore* o para la extracción de petróleo o gas de esquisto, Colombia necesita preparar ingenieros que dominen las tecnologías necesarias, que puedan desarrollar la industria transformando las materias primas que generan mayor riqueza que los *commodities* que, como dice el ingeniero Benavides, doctor en Economía Minera de la Universidad Estatal de Pensilvania, son vestigios primitivos de un mundo de escasez.

De otra parte, también hay grandes retos para estos profesionales en investigaciones orientadas a la implantación de las

redes inteligentes, que implican la diversificación de la oferta energética, una tendencia internacional que ya se estudia en Los Andes (Ver CONTACTO # 2, pág. 27 y # 6, pág. 32). “El modelo de negocio de las empresas debe cambiar porque usted no va a vender el *commodity* de kilovatio/hora, sino un servicio de energía —apunta Juan Benavides—. Y si logra bajar el precio de venta de la energía a un tercio, podrá sobrevivir porque también disminuyó los costos, optimizó las calderas, y porque ofrece paneles solares”.

Para el Gobierno, los retos son la actualización de los electrodomésticos y los bombillos, la reconversión del parque industrial por maquinaria de consumo eficiente, la sustitución de las alimentadas con carbón —acciones previstas en el Proure—; pero también tiene que lograr erradicar el uso de leña en un gran porcentaje de hogares colombianos sin acceso a energía de calidad ni seguridad. De esta forma, se reducirán las emisiones de gases de efecto invernadero y una de las causas de la deforestación, con consecuencias directas en la sedimentación, en la desecación de los ríos y en el cambio climático. ■

Adecuarse al nuevo escenario, desafío de la planeación

La Unidad de Planeación Minero Energética es la entidad técnica encargada de delinear el desarrollo de los sectores de minas y energía. Procesa y analiza información para formular políticas de Estado.

16

Si bien no se puede prever el futuro del país sin petróleo o sin agua, es necesario reducir la dependencia de estos elementos y diversificar la oferta. El camino es estimular el desarrollo y uso de las fuentes no convencionales de energía.

A la cabeza de la UPME está la ingeniera eléctrica Ángela Cadena, quien ha sido profesora en la Facultad de Ingeniería durante muchos años y ha liderado investigaciones y estudios sobre regulación del sector energético, fuentes no convencionales de energía, cambio climático y generación distribuida, entre otros temas.

En esta entrevista responde sobre las perspectivas futuras de diversos energéticos y sobre el viraje necesario de la planeación y las políticas del sector a la luz del cambio climático que enfrenta el planeta.

¿Cuál es el futuro de los hidrocarburos? ¿El gas de esquisto, la explotación offshore? ¿La diversificación de posibilidades? ¿Ambientalmente sí es conveniente insistir en los hidrocarburos en lugar de virar hacia alternativas limpias?

Al ser los combustibles fósiles recursos agotables, las reservas tienden a cero cuando el tiempo tiende a infinito. El problema es determinar en forma exacta cuál es ese tiempo. En nuestra opinión, todos los esfuerzos de la industria petrolera se han encaminado a aumentarlo. Aún tendremos recursos para muchos años, y si se mantiene la evolución de la tecnología, las reservas probadas y probables también crecerán. Los nuevos hallazgos y la oferta de gases y crudos no convencionales hacen prever que el dominio de estos combustibles fósiles seguirá siendo importante. Nosotros debemos movernos en esa dirección e implementar más posibilidades. Por varias décadas más, el gas natural continuará siendo el energético de transición hacia las energías más limpias. El uso intensivo del carbón dependerá obviamente del éxito en la explotación de estos hidrocarburos, y sobre todo del desarrollo comercial de tecnologías de bajo impacto ambiental (*clean coal*) y de las opciones de secuestro y captura de carbono. Por supuesto, es igualmente bueno, conveniente y hasta necesario continuar integrando las energías y tecnologías

renovables en las canastas energéticas. Estas han venido resolviendo sus problemas de altos costos, de escalabilidad, de densidad y ahora se avanza en identificar y precisar las complementariedades entre las diferentes fuentes. No es una versus otra; es unas y otras explotadas con los menores impactos posibles y utilizadas de manera eficiente.

¿Tiene Colombia algún plan de contingencia para cuando se acabe el petróleo? ¿Qué debería hacer?

Por ahora, la prioridad es la incorporación de nuevas reservas. Por supuesto, habrá que ir diversificando la oferta energética, principalmente en el transporte. No es bueno 'colocar todos los huevos en la misma canasta'. A pesar de las tasas de crecimiento



▲ Ángela Inés Cadena, directora de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).

más dinámicas de nuevos energéticos, incluidos los biocombustibles, la participación de los derivados del petróleo será dominante en ese sector y la de todos los combustibles fósiles en el industrial. En cuanto al consumo total, la participación del petróleo en la canasta puede reducirse pero no será inferior al 40 % en el mediano plazo y a un tercio en el largo plazo. Con la disponibilidad de recursos en el país, sería muy deseable una mayor diversificación de la oferta para los transportadores, con mayor participación del gas natural vehicular, del propano y de la electricidad. Con relación a todos los combustibles fósiles, hoy su participación es de alrededor del 75 % y en el largo plazo podría estar entre el 50 % y el 67 %.

En teoría Colombia no tiene problemas en generación eléctrica porque abunda el agua. ¿Pero se ha estudiado cómo nos puede afectar el cambio climático en la generación, cuando se alteren los ciclos de los ríos y cómo se subsanaría?

Efectivamente, Colombia cuenta con importantes recursos hidroenergéticos que han proporcionado un buen soporte a la generación eléctrica. Los efectos climáticos, principalmente aquellos relacionados con la intensificación de los eventos críticos, hacen que los proyectos actualmente demanden estudios más rigurosos acerca del comportamiento de los embalses y sus afluentes a lo largo del tiempo, incluyendo posibles acciones para mitigar sus efectos y la forma como se deben operar dichos recursos de manera sostenible.

Análisis aún muy preliminares muestran la incidencia de las transformaciones climáticas sobre la oferta hídrica. Colombia cuenta con un potencial para desarrollos hidroeléctricos superiores a 100 MW de 93 GW. Incluso si se reduce a un tercio este potencial, debido a los parques naturales, áreas protegidas y un caudal ecológico, aún queda la posibilidad de triplicar la capacidad instalada.

La UPME ha tomado atenta nota de los cuellos de botella que se presentan en situaciones críticas, y está realizando estudios que permitan tomar decisiones adecuadas en lo que se refiera a las infraestructuras de transporte de todos los energéticos usados para generación eléctrica.

Hacer más hidroeléctricas, que están teniendo problemas con las licencias ambientales, en un escenario de cambio climático, ¿no es un error?

Por el momento, estas opciones parecen ser las más competitivas. Esta generación ha permitido que Colombia tenga costos competitivos con respecto a la región. Por supuesto que los proyectos de menor cuantía son los que se han instalado primero, pero no podemos afirmar que en los próximos años no se sigan construyendo desarrollos hidroeléctricos.

Hay un gran interés en proyectos de pequeña y mediana escala por su flexibilidad, menores periodos de recuperación de la inversión y facilidades para cumplir y obtener ventajas de

▶ De acuerdo con la Agencia Nacional de Hidrocarburos, en el 2012 se exploraron más de 130 pozos, con una inversión extranjera de \$6400 millones.



Foto cortesía Ecopetrol

la regulación. Al respecto estamos estudiando y verificando si conducen al mejor uso del recurso hídrico.

Consideramos que el error es centrarse en solo hidráulico. Es necesario reevaluar los criterios de análisis para poder incluir estos nuevos hechos ambientales dentro del ciclo de planeamiento.

¿Qué se ha pensado para dar suministro a las regiones que no están interconectadas y, de paso, favorecer agroindustrias en esos lugares?

Las pequeñas centrales y otras tecnologías renovables como biomasa, solar y eólica son opciones para complementar las soluciones diésel, que han sido dominantes en lugares aislados, por sus menor inversión y facilidades para instalar, operación y mantenimiento. Los mayores costos de funcionamiento, por el precio del combustible, hacen que las alternativas híbridas sean atractivas. Con recursos de regalías y de los Fondos de Apoyo

Financiero para la Energización de Zonas no Interconectadas, puede pensarse en estas posibilidades. Además de concebir esquemas integrados de prestación de servicios. El problema del desarrollo regional trasciende el ámbito del sector. La energía es el facilitador de apoyo a los proyectos agroindustriales.

¿Cuáles son los grandes retos del sector eléctrico en generación, distribución, transmisión, interconexión, energías alternativas y regulación?

En generación, se plantean como retos la gestión integral de los recursos, la articulación del sector gas y eléctrico y la inclusión de nuevas tecnologías al sistema. Igualmente es deseable que mayores agentes ingresen en este negocio para hacer más vigorosa la competencia y evitar riesgos de ejercicios de poderes de mercados.

En materia de interconexión, los proyectos con Panamá y el Área Andina, que incluye a Colombia, Ecuador, Perú, Chile y Bolivia.

En relación con el Sistema de Transmisión Nacional (STN), la UPME es responsable de definir su expansión. Se puede afirmar que hoy la red de transmisión nacional es robusta (tensión superior a 220.000 V) y que se han identificado diferentes obras que permiten fortalecerla. En el corto plazo, es urgente dar al servicio dos proyectos que se encuentran en ejecución: Nueva Esperanza, que beneficia a Bogotá y a Cundinamarca en general y que estará en operación en el primer trimestre de 2014, y El Bosque, que beneficia directamente a Cartagena y se espera para mayo de este año. Al revisar los subsistemas regionales (con tensiones menores a 220.000 V), hallamos problemas de confiabilidad y agotamiento de la red, de los que son respon-

sables los operadores, mejor conocidos como electrificadoras. La UPME, en conjunto con el Operador del Mercado y los agentes, trabaja en la identificación de los cuellos de botella y de las obras requeridas.

Se están explorando opciones de generación con energías alternativas (por ejemplo, eólica a gran escala en La Guajira), considerando sus impactos técnicos, económicos, ambientales y regulatorios, para dar señales a los agentes del sector en cuanto a este tipo de tecnologías. Ahora bien, opino que Colciencias debe actuar como generador en este campo.

En lo que respecta a distribución, la tendencia a la automatización y a la inclusión del usuario final como parte activa de la ecuación es cada vez más notoria. Colombia no es ajena a este proceso, aunque nos encontramos en las primeras fases de esta modernización.

Con el endurecimiento de exigencias para obtener las licencias ambientales y los acuerdos necesarios con las comunidades para ejecutar proyectos de generación y de transmisión, ¿deberían ajustarse los tiempos de las obras a esa realidad para evitar demoras que no pueden controlar los agentes?

La UPME ha identificado que los periodos para obras de cierta envergadura han sido más largos que los establecidos, por los problemas enunciados. Por esto en el caso de las subastas del cargo por confiabilidad se está recomendando a la CREG que el periodo de planeamiento sea de 5 y no de 4 años, para que los proyectos de transmisión se alcancen a definir y ejecutar a tiempo. La Unidad publica el plan de expansión de generación y transmisión en forma anual, y allí se especifican las obras requeridas a mediano y largo plazo. El Ministerio ha identificado las dificultades en su implementación, desde que se conciben hasta que entran a operar y se tienen propuestas de solución, que consideran entre otras, acciones y espacios de mayor y mejor coordinación y el fortalecimiento de la UPME.

Es importante tener en cuenta que los plazos para la ejecución de proyectos, además de considerar el tiempo requerido para el licenciamiento, obedecen a la atención clara de una necesidad del sistema eléctrico.

Por otra parte, en el Gobierno debemos prepararnos, y lo estamos haciendo, para dar lineamientos claros encaminados a la toma de decisiones, tales como niveles admisibles de intervención minera por región e información sobre los costos y beneficios sociales de estos proyectos (los de explotación de hidrocarburos y minería también) con el fin de determinar compensaciones y niveles de restablecimiento de servicios ecosistémicos.

¿Considera adecuada la forma como está concebido el mercado de la generación eléctrica en el país?

Colombia ha encontrado un esquema acorde con sus propósitos de lograr una mayor eficiencia a través de la com-



Foto cortesía Ecopetrol

- ▲ De acuerdo con la directora de la UPME, sería deseable que en el sector del transporte se diversifique la canasta energética, con mayor participación del gas vehicular, de propano y de la electricidad.



Foto Colección Fotográfica Fedepalma

petencia y de la incorporación de capital privado para garantizar una expansión adecuada a los requerimientos de la población y la economía. Ahora bien, el proceso lleva casi siempre a caer en regulación específica y de detalle, como pasó en otros mercados. Sería bueno tener el tiempo para identificar y volver a aquellas normas fundamentales. Esta es una tarea conjunta que debe abordar todo el sector y, en ese sentido, esperamos generar procesos en un futuro cercano.

¿Favorece este diseño del mercado colombiano la investigación y la implementación de energías alternativas a las impulsadas por las grandes empresas y el Gobierno?

En teoría, ni favorece ni perjudica. Si se analiza desde el criterio de neutralidad tecnológica, no favorece porque no existe una política de estímulo. (En la práctica los diferentes estados de maduración tecnológica inclinan la balanza hacia soluciones probadas y menos costosas). Es importante garantizar que no haya barreras a la entrada de nuevas tecnologías o condiciones de competencia desigual. En Brasil se han creado posibilidades de juegos diferentes para las diferentes tecnologías; en Colombia estamos analizando estas y otras opciones.

- ▲ A pesar de las tasas de crecimiento más dinámicas de nuevos energéticos, incluidos los biocombustibles, la participación de los derivados del petróleo será dominante en transporte.

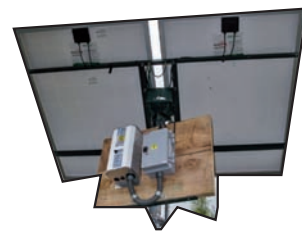
¿Cree que un mercado pequeño como el nuestro está condenado a seguir las directrices de los grandes?

Nosotros no somos un gran desarrollador de tecnologías. No obstante, las particularidades de nuestro sistema energético y de nuestros mercados hacen que debamos encontrar soluciones propias. Tenemos que utilizar los mejores desarrollos y conocimientos para: i) garantizar un abastecimiento confiable, eficiente y responsable ambiental y socialmente; ii) aumentar los índices de cobertura al tiempo que se propicia que los suministros energéticos posibiliten mejores oportunidades de crecimiento y desarrollo, como pueden ser utilización de biomasa, que combinen agroindustria con el suministro de energía; y iii) maximizar el aporte de nuestros recursos energéticos a la generación de empleo y riqueza en el país. Y esta es una tarea interesante. ■

Energía solar para una agroindustria tradicional

La transferencia de tecnologías que permiten aprovechar la energía solar les significó a unos productores de almidón de sagú una mayor eficiencia e higiene en un proceso de uso popular.

Una solución integral para una agroindustria de almidón de sagú con el que se hacen las achiras es el trabajo desarrollado por el ingeniero mecánico Orlando Porras, profesor del Departamento de Ingeniería Mecánica. Incluye el aprovechamiento de la energía solar de diferentes maneras: fotovoltaica y térmica. Además, adaptación y escalado de otras tecnologías que reducen notoriamente el tiempo de un proceso realizado desde la época precolombina.



▲ Celdas fotovoltaicas

Se trata del proyecto “Mejoramiento de la extracción de almidón de sagú asistido con energía solar” (2011), desarrollado en un escenario de pequeños productores de Pasca, Cundinamarca, departamento de donde procede el 85 % de este almidón en Colombia. El trabajo fue financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo y la Cámara de Comercio de Bogotá. Esta entidad y la Corporación Ambiental Empresarial lo reconocieron en el evento de cierre del Programa Open, Oportunidades de Mercado para Energías Limpias, por lograr la transferencia tecnológica en la comunidad a la que estaba dirigido.

La tarea consistió en la adaptación de un separador hidrociclónico accionado con energía fotovoltaica y de un secador que funciona por aprovechamiento de la radiación del sol. Gracias a ello aumentó la productividad y la higiene del proceso y se logró un ahorro de agua.

El profesor Porras hizo su doctorado en Ingeniería de Procesos en la Universidad de Pau (Francia), y se especializó en la operación unitaria de secado, de intensivo consumo de energía, por lo que terminó explorando fuentes limpias. “Este proceso se usa en muchas agroindustrias e industrias convencionales. En Colombia se lleva a cabo de forma bastante primitiva por la ausencia de tecnología”. En busca de desarrollarla, comenzó a estudiar opciones de secado en simulación con el grupo de Mecánica Computacional que dirige.

El sagú es una planta endémica de los Andes, íntimamente ligada con la cultura indígena, de la que se obtiene almidón con que se fabrica la achira, una palabra quechua. Tradicionalmente, se ha extraído triturando el rizoma en una papilla compuesta por fibras entre las que están los gránulos de almidón. Esa papilla se pasa por un cedazo para remover el afrecho y separarlo de

◀ El separador hidrociclónico es un dispositivo común en la extracción de almidón. Este es el diseñado por Orlando Porras, en la escala necesaria para una pequeña agroindustria.

los gránulos, en un procedimiento realizado con agua. La suspensión cae en una batea y debe lavarse varias veces para retirar una enzima que la oscurece, característica que no acepta el mercado. Pasado un tiempo, esa ‘lechada’ se decanta por gravedad. Luego



se extiende en unas bandejas para secarla en el sol, expuesta a la acción de agentes que la contaminan como insectos, roedores, aves y polvo.

El proceso de extracción del almidón, que dura varias horas, se hace ahora en pocos minutos gracias a un separador hidrociclónico que se adaptó teniendo en cuenta las características de esta agroindustria y las condiciones de las personas que trabajan en ella. “El dispositivo es un ciclón por donde pasa el fluido. Los gránulos salen despedidos por un efecto centrífugo y se concentran en un cono en la parte inferior”, relata el profesor Porras. Con el aparato se acelera un cuello de botella y se reduce el consumo de agua.

Dispositivos similares se utilizan en plantas de grandes productores. Porras lo escaló y adecuó al tamaño de la pequeña industria sobre la que, además, se adelantó un trabajo etnográfico para entender sus características. Luego, en vista de que la gravedad no daba el suficiente impulso para conducir el fluido, diseñó una bomba adecuada para recibir corriente directa, generada por las celdas fotovoltaicas. “Las celdas proporcionaron la solución energética para esta agroindustria que, como es habitual en Colombia, está en un lugar apartado que carece de conexión eléctrica de calidad”.

La suspensión lechosa se vierte en unos tanques; la bomba la succiona y la hace pasar por el hidrociclón. En la concepción del aparato se tuvo en cuenta el tamaño y la distribución de las partículas de almidón. Con modelos computacionales simplificados se determinó la presión necesaria del caudal para separar los gránulos. El procesado de 250 litros de solución, realizado con los métodos clásicos, tomaba un día. Con este sistema, se hace en 30 minutos. “Se estima que hay un ahorro del 50 % en el consumo de agua. También hay una reducción de efluentes, el agua residual del proceso que extenúa el oxígeno y mata la biota: es una economía en contaminación”, señala Orlando Porras.

◀ El secador de almidón de sagú protege el producto de la contaminación. Los materiales para su fabricación se consiguen en cualquier ferretería.



▲ El tiempo de secado del almidón se reduce a tres días gracias al aprovechamiento de la radiación y del calor del sol.

Además de las celdas fotovoltaicas, la energía solar —calor y radiación— también se usa en el secado del almidón, con lo cual se redujo a tres días lo que demoraba una semana y media. Para lograrlo, el profesor Porras adaptó una tecnología de origen alemán que aprovecha la radiación en esos procesos: los aportes se hicieron en los materiales, en la geometría adecuada a los datos antropométricos locales y en funcionamiento, con una chimenea que pone a circular aire que se calienta hasta 60 grados Celsius. “El diseño original tiene unos ventiladores enormes para que circule el aire y necesitan energía. Los eliminamos gracias al diseño de una chimenea que mueve el aire arrastrando la humedad. Además, cuando el aire se calienta, la humedad relativa baja acelerando todo el proceso”.

El diseño y puesta en marcha tuvo un costo cercano a los 12 millones de pesos, que varias personas podrían asumir porque, habitualmente, una comunidad grande de productores se asocia para repartir los gastos. ■

CENTRO DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGIA

Energía

LOS GRUPOS

Mecánica Computacional
Conversión de Energía



CONTACTO

Orlando Porras, ingeniero mecánico, doctor en Ingeniería de Procesos en la Universidad de Pau, (Francia), profesor asociado del Departamento de Ingeniería Mecánica, director del grupo de Mecánica Computacional. oporras@uniandes.edu.co

Tecnología de punta contra la contaminación

Investigaciones destinadas a entender organismos que juegan un papel fundamental en la captura de gases de efecto invernadero, tales como algas, pretenden aportar soluciones viables y de bajo costo.

22

Si bien no es nueva la idea de diseñar una tecnología para atrapar CO₂, encontrar un método de bajo costo y que se pueda utilizar a gran escala todavía sigue siendo una ilusión. Sin embargo, investigadores como el profesor Andrés González Barrios trabajan para hacer factible este sueño.

Este ingeniero químico emplea modelos matemáticos para los flujos metabólicos en busca de genes con un papel importante durante la captura de carbono. En trabajos de otros investigadores ya se han encontrado varios de ellos, pero todos están relacionados con el sistema para concentrar carbono. Sin embargo el profesor González afirma “es necesario romper el

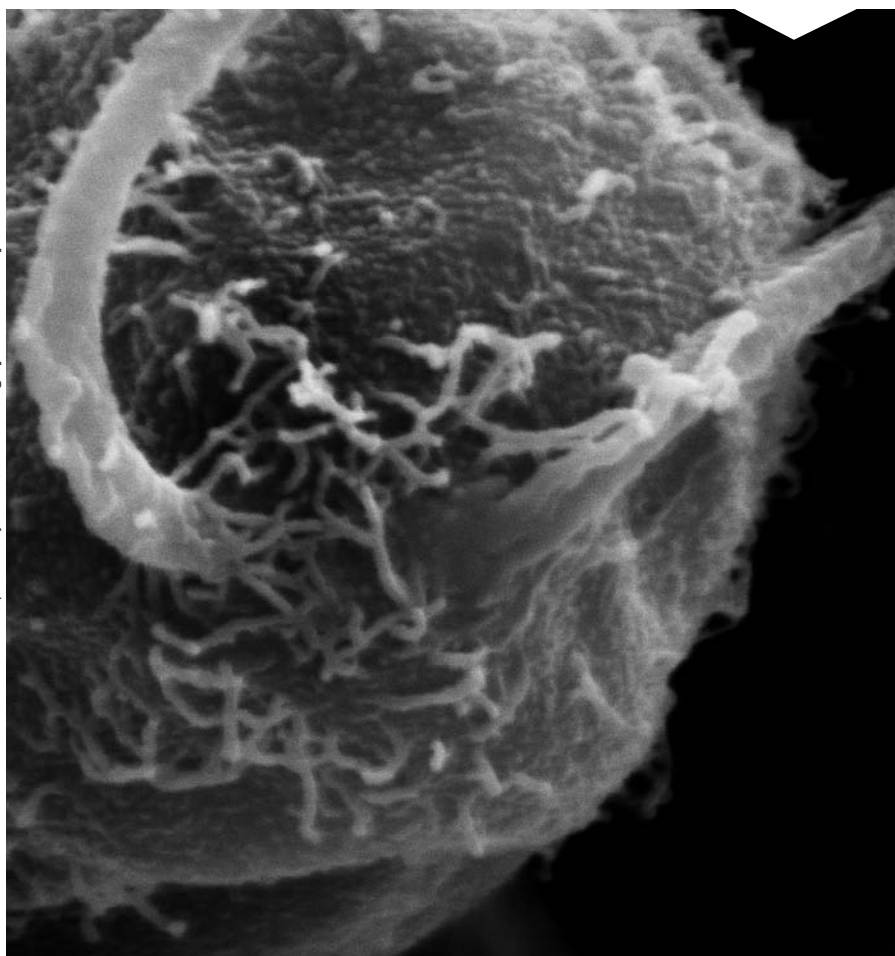
paradigma del sistema de concentración y mirar más el papel de la obtención de energía en la acumulación de biomasa”. Esta tarea se hace con la estudiante posdoctoral Flavia Vischi Winck, el Departamento de Ciencias Biológicas de Los Andes, el profesor Diego Riaño y la Universidad de Sao Paulo.

Las aproximaciones fisicoquímicas para capturar de CO₂ se basan mayormente en su adsorción usando aminas. Sin embargo el costo de la materia prima hace que estas tecnologías sean muy costosas y difíciles de escalar.

“En este tema, tengo la convicción de que países en vías de desarrollo como Colombia deben generar estrategias de bajo costo. Y creo que la mejor forma es con algas porque no sola-

Foto <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

▲ Cultivo de microalgas obtenidas en biorreactor.



▲ Imagen de microscopio electrónico de exploración, que muestra un ejemplo de las algas verdes (*Chlorophyta*). *Chlamydomonas reinhardtii* es un flagelado unicelular.

mente son útiles para ese fin, sino que después se pueden usar para producir biodiésel o productos como colorantes de interés industrial".

Por ello, el profesor González también se ha dedicado a propiciar el crecimiento de algas en el laboratorio, y las utiliza para generar biodiésel. "El alga produce lípidos —explica—, moléculas que, mediante una reacción química llamada transesterificación, se convierten en ese biocombustible".

No es la primera vez que trabaja a partir de análisis de ADN, también ha venido desarrollando estrategias con el objetivo de encontrar moléculas de valor agregado (ver CONTACTO # 3, pág. 32) para mejorar el proceso de obtención de alcohol a partir de la tusa de la palma de aceite o, en este caso, generar algas con mayor capacidad de retener el CO₂. "El ADN es el que tiene las instrucciones para obtener biomoléculas tales como proteínas y RNA. La bioprospección es la actividad que precisamente se encarga de encontrarlo y en este momento estamos desa-

rollando algoritmos matemáticos que permitan detectar moléculas con un uso industrial. Buscamos biosurfactantes, celulosas y enzimas de interés ambiental para degradar contaminantes en el ambiente.

"Estamos trabajando en un área muy novedosa en ingeniería en Colombia para mejorar el proceso de secuestro de carbono y acumulación de biomasa celular a partir de dos especies de algas: *Chlorella vulgaris* y *Chlamydomonas reinhardtii*. Las escogimos porque se han hecho varias publicaciones sobre su desempeño y sus redes metabólicas. Las algas tienen un 'mecanismo de concentración de carbono' regulado por genes. Con modelación matemática y PCR en tiempo real (reacción en cadena de polimerasa en tiempo real), determinamos los niveles de RNA proveniente de genes que creemos juegan un rol importante en la respuesta del alga a diferentes niveles de CO₂. Y así logramos aumentar la capacidad de secuestro de carbono por unidad de área".

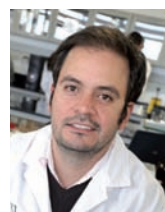
Esta característica es importante pues una de las mayores limitantes en esta tecnología es que requiere de mucho espacio. Esta aproximación puede ser de interés para industrias tales como las cementeras las cuales tienen grandes emisiones de CO₂ a la atmósfera. ■

CENTRO DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICA

Energía

EL GRUPO

Grupo de Diseño de Productos y Procesos (GDPP)



CONTACTO

Andrés González Barrios, ingeniero químico, doctor en Ingeniería Química de la Universidad de Connecticut (Estados Unidos), profesor asociado del Departamento de Ingeniería Química, director del Grupo de Diseño de Productos y Procesos (GDPP).

andgonza@uniandes.edu.co



Negocios petroleros *offshore*, un mar de posibilidades

Juan Felipe Arjona, gerente de Tecnología del segmento *offshore* de la firma Technip, está convencido de que Colombia y la Universidad de los Andes no pueden dejar pasar la oportunidad que se avecina en el mundo de los hidrocarburos.

Los proyectos de exploración y explotación de hidrocarburos en el mar (*offshore*) crecen a un ritmo del 7 % anual y cada uno puede costar entre 400 millones y 6000 millones de dólares. Pero los ingenieros que conocen del negocio se están jubilando y salvo en países como India, Brasil y Malasia, es difícil hallar jóvenes competentes para desempeñarse en ese entorno.

Se trata de una industria en auge, y en Colombia podría haber reservas de entre 13 millones y 83.000 millones de barriles, según un estudio de la Universidad Nacional y la Agencia Nacional de Hidrocarburos. Aunque es apenas una expectativa, el ingeniero civil Juan Felipe Arjona, egresado de Los Andes y gerente de Tecnología del segmento *offshore* de la firma Technip, no duda en señalar que el país y la Universidad no pueden desdeñar esas enormes posibilidades.

Para él, es claro que los ingenieros que se especialicen en ese sector de la industria energética trabajarán con tecnologías de punta, un privilegio reservado para pocos. Además, serán muy bien pagados por la escasez de personas preparadas y conocerán muchas culturas, porque hoy están trabajando en una plataforma en la costa colombiana, pero mañana pueden estar en la mitad de África, en el sur de Asia, en Brasil o en el mar del Norte.

La Universidad, a su vez, enfrenta el reto de diseñar programas de formación para que la exploración y explotación de esos pozos queden en manos de nacionales, siguiendo el ejemplo de Noruega, Brasil y Malasia (ver "Por qué una maestría"). Aunque también existe la opción de adoptar el modelo de Nigeria, donde la mayor parte del negocio es manejada por expatriados estadounidenses y europeos.

"Me parecería muy triste que Colombia se volviera como Nigeria porque los ingenieros nacionales tienen muy buen potencial —dice—. En Boston trabajé con ingenieros de MIT; en Houston, con gente de todas las universidades de Estados Unidos, y en Francia con europeos. Si uno mira a los colombianos que han tenido la oportunidad de entrenarse, no hay de qué preocuparse.



Además del conocimiento, tienen la creatividad, el desvare, la recursividad y la capacidad de trabajo”.

Pasión por los sistemas

Como hijo de constructor, desde niño, Juan Felipe Arjona tuvo contacto con la ingeniería civil y se familiarizó con el diseño, la construcción y el negocio. Sin embargo, desde los 13 años ya se inclinaba por la programación y aunque no estudió sistemas y computación varios momentos de su vida laboral han estado ligados a esa disciplina.

Al graduarse en 1996, trabajó en la empresa familiar y tres años más tarde debió salir del país, igual que sus dos hermanos,

por motivos de seguridad. Inicialmente se radicó en Boston (Estados Unidos) donde se vinculó a una compañía puntocom y tras el colapso de esas empresas en el 2001 se fue a Houston contratado por la diseñadora de infraestructura petrolera Technip para crear un software para plataformas SPAR, que se emplean en actividades *offshore*.

Ese fue el comienzo de su carrera en el mundo de la exploración y explotación de hidrocarburos en el mar, aunque durante varios años trabajó en Gerencia de Informática, encargado de la infraestructura de sistemas, primero para la región América y, luego, desde París, de toda la de la empresa. En Francia cursó un *executive* MBA en la universidad HEC.



▲ Juan Arjona recuerda especialmente a varios profesores: el “chief” Luis Enrique Amaya, José Rengifo, Lucho Camacho, Alberto Sarria, el “Turro” Luis Enrique García y Bernardo Caicedo. Al mismo tiempo, destaca el ambiente laico y de ciencia, muy racional, de Los Andes, así como a sus compañeros.

◀ Chuchupa, en La Guajira, es una de las plataformas utilizadas para hacer explotación *offshore*. En Colombia empresas como Equión, Ecopetrol, Anadarko, Shell, Repsol y ONGC están haciendo ese tipo de actividades.

Foto cortesía Ecopetrol

“Llegó un momento en el que ya no estaba aprendiendo nada nuevo —relata—. Me volví al *offshore*, a manejar la parte de estrategia, de tecnología, investigación y desarrollo del grupo y nuevos negocios”.

La preocupación medioambiental y por la sostenibilidad de los proyectos es una constante. De hecho, su tesis del MBA versó sobre la manera de convertir en aptas para el riego las contaminadas aguas que surgen con la extracción petrolera. “Estas son altamente contaminantes, incluso pueden ser radiactivas —explica—. En mi tesis buscaba limpiarlas para darles la posibilidad a países como Iraq y del norte de África de usarlas en irrigación y desarrollar zonas económicas alrededor de los pozos”.

Juan Felipe Arjona no duda de que es probable que en el 2015 se estén desarrollando proyectos *offshore* en Colombia y “estamos justo en el límite para empezar a entrenar a

nuestra gente para que, en su mayoría, esos proyectos sean hechos por colombianos”.

Precisa que en Technip estiman que “para que un ingeniero con experiencia *onshore*, en tierra, pueda trabajar bien en alguna de las áreas *offshore*, necesita por lo menos tres años de experiencia y un recién graduado requiere por lo menos cinco o seis años de práctica en diseño para el mar”. La exigencia obedece a que el negocio *offshore* es distinto porque en el agua todo se mueve en diferentes direcciones, mientras que en la tierra está quieto, lo cual implica que deban usarse equipos distintos diseñados para resistir esos movimientos y software que pueda simularlos. Por eso, el ingeniero Arjona se empeña en convencer a los estudiantes para que opten por hacer carrera en esa área, porque aunque no hay nada evidente, es una apuesta al futuro que exige mentalidad de riesgo y que no duda en catalogar de única. ■

Por qué una maestría

La Universidad de los Andes está trabajando en el montaje de una maestría en Ingeniería de Petróleos como una respuesta a la necesidad de formar profesionales competentes en este sector energético, pues la oferta en el país es muy limitada.

La necesidad se hizo evidente en un estudio del Centro Nacional de Consultoría contratado por los Andes en mayo del 2012. Este muestra, además, la urgencia de contar con personas capacitadas ya, lo cual implica diseñar un programa de formación más rápido que un pregrado. Por esa razón, en primera instancia trabajan en el diseño de la maestría en Ingeniería de Petróleos dirigida a ingenieros civiles, químicos y mecánicos, que debería empezar a más tardar en el 2014, y a más largo plazo planean ofrecer un pregrado en el área de Recursos Energéticos.

Marcela Hernández, vicedecana académica de la Facultad de Ingeniería, enfatiza en que el diseño de la maestría supone grandes retos como el montaje de laboratorios especializados, los convenios con las petroleras para las prácticas de los estudiantes y la consecución de profesores, una tarea difícil si se tiene en cuenta que las personas calificadas son pocas y la mayor parte está trabajando en la industria.

- ▶ La Facultad está diseñando una Maestría en Ingeniería de Petróleos. Posteriormente aspira a ofrecer un posgrado en el área de Recursos Energéticos.



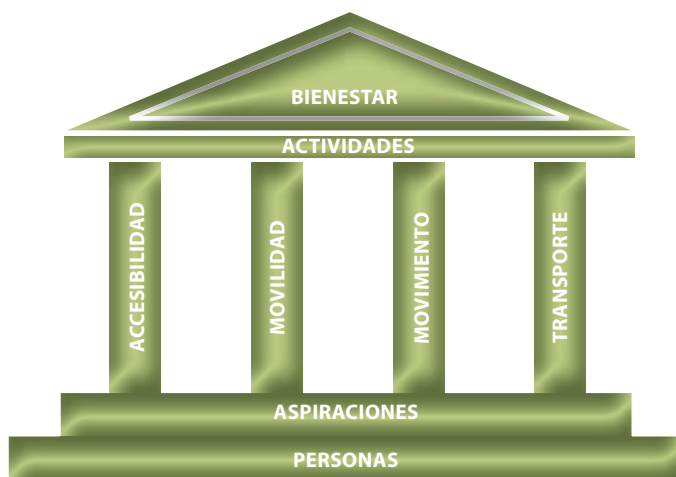
Foto cortesía Ecopetrol

En busca de una ingeniería “civilizada”

Encontrar soluciones exitosas para los problemas urbanos es imposible si no se conoce el comportamiento de la gente. Ese fue el planteamiento del profesor Nick Tyler, de UCL, en el seminario “Diseño de las ciudades del siglo 21: de la movilidad al bienestar”.

Las ciudades sostenibles y con visión de futuro no piensan en mejorar la movilidad. Su objetivo es proveer herramientas para que las personas cumplan sus aspiraciones mediante la realización de actividades que les generen bienestar. Esta tarea compleja debe, entonces, centrarse en mejorar la accesibilidad, disminuir el movimiento y limpiar las fuentes de energía.

Y para ello, sostiene el profesor Nick Tyler, es imprescindible comprender que la vida de una ciudad es mucho más larga que el ciclo político, que la Ingeniería Civil y Ambiental debe estar al servicio de los ciudadanos y que, por encima de todo, tiene la obligación de ser “civilizada”. Tal posición implica conocer la psicología social para comprender cómo funciona la gente dentro del contexto urbano y así determinar cómo diseñarlo y desarrollarlo.



▲ La gráfica muestra el ciclo para alcanzar el bienestar: las personas tenemos aspiraciones que se tornan en actividades encaminadas a mejorar nuestra vida. En el intermedio hay cuatro pilares: el transporte, el movimiento, la movilidad y la accesibilidad y sin ellos no podemos lograr el bienestar. Si falla una de las columnas, dice el profesor Nick Tyler, el sistema colapsa.



► El investigador Tyler recomienda construir ciudades policéntricas para disminuir los viajes hacia el centro, lo cual facilita la reducción del transporte motorizado.

Él es director del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de University College London (UCL), una prestigiosa institución que está a la vanguardia de los estudios de accesibilidad y movilidad. En febrero estuvo en Bogotá donde adelanta un proyecto con el grupo SUR (Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional) de Los Andes con financiación de la Embajada Británica. Su propósito es mejorar el sustento urbano de las ciudades colombianas y promover nuevas estrategias de transporte sostenible. Con ocasión de su visita dictó el seminario “Diseño de las ciudades del siglo 21: de la movilidad al bienestar” para los estudiantes del profesor Juan Pablo Bocarejo. CONTACTO recoge apartes de su intervención, así como una entrevista con el investigador.

La clave está en el movimiento

El profesor Tyler parte de la base de que construir esa visión de ciudad para el bienestar comienza por mirar lo que sucede en otras partes del mundo y así tomar distancia, pero también por cambiar la perspectiva con que se abordan los problemas con el fin de conseguir ideas diferentes.

Uno de los temas que evidencia la complejidad urbana es el transporte y para comprenderlo es necesario tener en cuenta los siguientes elementos:

1. El transporte no es un objetivo de las personas, sino un instrumento para apoyar las actividades que les permitirán mejorar su calidad de vida. Estas van más allá de estudiar y trabajar e incluyen otros intangibles como el acceso a la salud y a la justicia o incluso ir de compras.
“El viaje es el componente de nuestra vida para ir de una actividad a otra, significa movimiento y esa es la clave —enfatisa el ingeniero—. Para producirlo se necesita aceleración y, por ende, uso de energía (bien sea la del peatón o la generada por recursos escasos que emiten gases de efecto invernadero como los combustibles fósiles). Por eso, si pretendemos reducir ese uso, debemos pensar sobre el movimiento”.
2. Es necesario facilitar el acceso de la gente a sus actividades y esto debe incluir a los discapacitados, los ancianos y los niños, cuyas características son diferentes a las del resto de la población. Pero las ciudades no les brindan facilidades y por ejemplo el 20 % de la población londinense no puede acceder al metro porque hay una brecha entre el vagón y el andén. La incapacidad del sistema para permitir el ingreso simultáneo de la gente a la estación o las pendientes de las aceras son otras de las muchas limitantes.
3. Hay que repensar la ubicación de las actividades para que no se concentren en un mismo lugar. La ciudad policéntrica tiene la ventaja de que se reduce la demanda de viajes hacia el centro y así se puede disminuir la capacidad del transporte. Para conseguir una urbe sostenible debemos pensar en trayectos cortos y no motorizados, en darles prioridad a los peatones, seguidos de la bicicleta y en tercer lugar del transporte público.
4. Los ingenieros de transporte están bien entrenados para coordinar el sistema y deberían tratar de minimizar el movimiento y maximizar el acceso a las actividades, pero en los últimos 20 años su tarea en la mayoría de ciudades ha sido cómo facilitar y aumentar ese movimiento.

Cinco ciudades que conviven

Una ciudad que ofrece bienestar a sus habitantes no es una sola, sino una combinación de cinco tipos, que el profesor define así: la de cortesía, la activa, la del espacio público, la vivible y la que evoluciona.



▲ En años recientes, París ha construido una infraestructura para facilitar el uso de las bicicletas. En muchos puntos de la ciudad se encuentran estacionamientos como este que está situado al pie del río Sena.

La de cortesía se preocupa por reducir el estrés que causa moverse entre dos actividades y por promover el buen comportamiento ciudadano para que la vida sea amable. Esto puede lograrse con campañas, pero también con el diseño de la infraestructura (por ejemplo, haciendo que las intersecciones o el tiempo del rojo de los semáforos sean eficientes).

La ciudad activa se caracteriza por permitir que las personas hagan sus actividades de manera efectiva. Pretende reducir la motorización y para ello debe crear una infraestructura peatonal y para los ciclistas.

La ciudad como espacio público es un lugar abierto, donde hay parques como en Londres (el profesor relató que estos datan de la época de la reina Victoria, que, preocupada por mejorar las condiciones de salud de los pobres, entregó los terrenos. Estos siguen perteneciendo a la realeza, por lo que ningún político o persona influyente puede construirlos). El modelo no es útil si no se mejoran las estrategias de seguridad personal y se reduce la accidentalidad.

La ciudad vivible se centra en garantizar una vida saludable, estudia cómo se usa el suelo y dónde está la infraestructura y se preocupa por quienes tienen dificultades de accesibilidad. Usa el diseño urbano para minimizar el movimiento o para acoger tecnologías limpias y renovables.

La ciudad que evoluciona puede adaptarse a las necesidades futuras y por ejemplo ajusta las políticas sobre uso de los combustibles o sobre costos de energía. Es la que puede cambiar. ■

Impresiones sobre Bogotá y Medellín

El profesor Tyler respondió varias preguntas formuladas por los asistentes al seminario y por CONTACTO.

Desde su percepción de Bogotá ¿estamos muy lejos de empezar a pensar en los elementos que menciona para alcanzar el bienestar?

Siempre es peligroso decir cuáles son los problemas de una ciudad cuando uno la visita, pero mi impresión es que es muy difícil caminar en Bogotá; hay andenes, algunos buenos, pero también bastantes problemas. Un indicador de la infraestructura peatonal es la cantidad de personas con movilidad reducida que podemos ver en la calle y aquí no hay casi nadie. Puedo estar equivocado, pero la sensación es que la prioridad para el peatón no existe. Sería interesante pensar en cómo mejorar los andenes. Es una inversión.

Esto se conecta con la mala calidad de la superficie de las calles que deben ser anchas para poder esquivar los huecos. Si la mejoramos, podemos angostar la calzada y ampliar los andenes. Además, reducir los carriles es una medida para disminuir la velocidad y así bajamos el consumo de energía y mejoramos la accesibilidad.

¿Qué tan lejos está Bogotá de poder combinar las cinco ciudades que mencionaba para ser sostenible y cuáles de ellas están más atrasadas?

Mi impresión es que falta espacio público porque aunque hay parques estoy acostumbrado a más. El acceso es difícil e imagino que hay áreas de Bogotá en las que acudir a ellos de noche sería peligroso.

Respecto a la ciudad de cortesía, para mí siempre es un placer venir porque los

bogotanos son muy amables, aunque posiblemente lo son menos cuando están entre su carro. Esa es una característica en todas partes del mundo: uno puede ser muy cordial, pero en el auto se vuelve un dragón. Creo que los problemas ocurren porque TransMilenio ha sido “demasiado” exitoso; en su corazón es una maravilla, pero no ha evolucionado con los cambios, en parte porque es costoso y en parte porque está inmerso en el ciclo político.

Usted ha trabajado en proyectos en Medellín y en Bogotá. ¿Cómo las compara en términos de una ciudad que provea bienestar a sus habitantes?



▲ El uso de medios de transporte no motorizados como la bicicleta contribuye a mejorar la movilidad y reduce las emisiones de gases contaminantes.



▲ Mejorar la superficie de las calles permitiría ampliar los andenes. Además, al angostar la calzada se obligaría a los carros a reducir la velocidad, con el consecuente ahorro de energía.

Es muy difícil. Las capitales siempre tienen un problema porque son ciudades políticas y es imposible evitarlo. Las otras tienen políticos, pero la presión es menor. No las conozco desde hace 20 años, pero supongo que en ese lapso los cambios son impresionantes. Lo interesante de Medellín es el fuerte concepto de cultura pública, están orgullosos de ella y eso es muy importante para el desarrollo. Me encanta la gente de Bogotá, pero el sentido de cultura es mucho menor.

¿Cómo apartarse de la realidad de que los procesos políticos, de muy corta duración, deciden los rumbos de las ciudades?

Para conseguir la ciudad del bienestar debe propiciarse un cambio que les garantice estabilidad a quienes las planean y diseñan. No soy revolucionario, pero pienso que la responsabilidad de los políticos es asegurar la ciudad para las generaciones futuras y no mantener su poder o su partido. Sin embargo, es difícil porque ellos funcionan de otra manera, llegan a los cargos por su capacidad de negociar y no porque puedan crear esta visión. La suya es solo entre hoy y la próxima elección y aunque el ciclo político debería



▲ Nick Tyler enfatiza en que ingenieros y arquitectos pueden hacer más por las personas que por los edificios.

ser motor de progreso, no es así porque dura solo cuatro años.

En su presentación decía que una dificultad para planear hacia el futuro es que las prioridades cambian entre las generaciones. ¿Cómo lograr que lo propuesto no se quede corto?

La educación es la clave para mantener la estabilidad y ser innovadores, porque esta se basa en aprender del pasado y del presente para pronosticar en el futuro. Si lo hacemos así, los cambios estarán definidos porque son desarrollados mediante un proceso mucho más vigoroso, científico.

Usted reformó el currículo del programa de Ingeniería Civil y Ambiental en UCL y ahora el 25 % de lo que ven los estudiantes no es Ingeniería. ¿Qué cosas distintas hay que enseñarles hoy en este mundo tan cambiante?

Hoy un recién graduado tiene cuarenta y tantos años de actividad profesional, pero después de 30 años el mundo es totalmente diferente, los materiales, las técnicas, las necesidades y los problemas son distintos. Entonces, ¿cuál es la calidad de sus decisiones y cuál es la contribución de la universidad en esos cuatro años de formación para asegurarla? Es una buena pregunta. Tradicionalmente, la respuesta es “ellos saben las ecuaciones, los hechos, la ingeniería, etcétera”, pero la mayoría de estas cosas son teóricas, realmente no entienden el problema, y su tentación es forzarlo para que el conocimiento y la teoría se encuentren.

Para mí, lo más importante de un recién egresado es cómo tomar una decisión vigorosa, científica en el mejor sentido de estas palabras, con evidencia y entendimiento de sus distintas significancias para las personas y, basado en ello, escoger la mejor solución. ■

Pamela, un laboratorio para la accesibilidad

El ingeniero Nick Tyler es el padre de la idea de crear Pamela, un laboratorio de investigación en accesibilidad y movilidad en UCL, donde trabajan ingenieros, médicos, economistas y planificadores. Recibe fondos del *Engineering and Physical Sciences Research Council*, entidad equivalente a Colciencias, pero centrado únicamente en Ingeniería y Ciencia.

En Pamela parten de la base de que el ambiente influye muchísimo en el comportamiento de las personas. Para analizar ese impacto, pueden reproducir y modificar las condiciones de las calles en aspectos como la superficie de hormigón, la inclinación de las pendientes y el ruido y la iluminación de los espacios públicos.

Varios de los experimentos involucran a personas discapacitadas. Una de las líneas de trabajo se centra en estudiar la energía que se requiere para impulsar una silla de ruedas con el fin de mejorar las condiciones del artefacto o de quienes deben empujarlo. “Todo está diseñado para terreno plano, pero casi nunca lo tenemos —explica el investigador—. En Inglaterra, en teoría los andenes tienen una pendiente transversal de 2,5 %, pero en la práctica suele ser mayor para el drenaje del agua. Nuestros cálculos demuestran que cuando la silla de ruedas va a subir se necesita el doble de energía y un anciano no es capaz de empujarla”.

Buscan predecir accidentes de transporte escolar

Los investigadores no pudieron correlacionar todas las variables que pretendían porque la información disponible es muy deficiente. En las planillas de registro de los siniestros hallaron datos como que los conductores tienen 5 o 130 años de edad.

Los accidentes de tránsito en Colombia dejaron 5096 muertos y 33.309 heridos en el 2010 y constituyen la segunda causa de muerte violenta y la primera en niños entre 5 y 14 años. A esto se suma que “la sociedad colombiana sigue siendo deficitaria en la protección al menor dentro de los sistemas de transporte escolar, público e individual”, como lo consigna la Fundación Gonzalo Rodríguez, con sede en Uruguay, en el *Manual de buenas prácticas: Cómo abordar la seguridad de los niños como pasajeros de vehículos*, publicado en el 2010 (<http://oisevi.org/pdf/n/18.pdf>). Esta institución busca crear conciencia sobre la problemática en Latinoamérica.

De esa premisa partió un estudio acometido por el profesor Ciro Amaya y la estudiante de pregrado Adriana María Pineda, del grupo PyLO (Producción y Logística) del Departamento de Ingeniería Industrial. Este hace parte de una investigación más completa que lleva a cabo la Fundación Por la Vía por la Vida con el fin



Foto Gabriela Vega

▲ El transporte escolar pertenece a la categoría de servicios especiales que incluye también turismo y otras modalidades. Esto dificulta el rastreo de la actividad dedicada exclusivamente a movilizar colegiales.

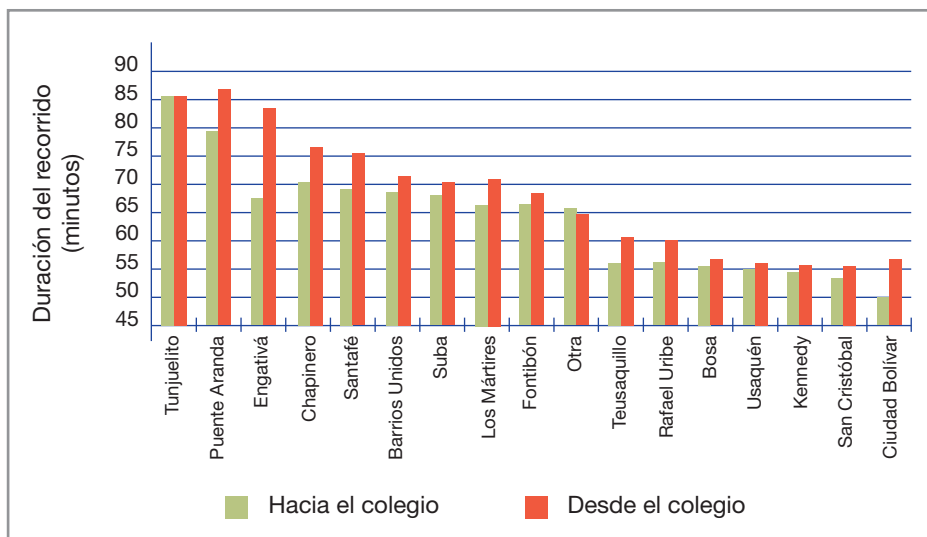
de crear conciencia acerca de la vulnerabilidad de los niños que usan el transporte escolar en la ciudad.

El propósito del profesor Amaya y la estudiante Pineda era hacer un análisis estadístico descriptivo de la siniestralidad de los vehículos que movilizaron colegiales en Bogotá en 2007-2012. Se

trataba de determinar mediante un modelo de regresión logit las principales variables que inciden en la probabilidad de que la ocurrencia de un accidente de tránsito corresponda solo a daños o haya heridos y/o muertos. Entre esas variables están el área (urbana o rural), el sector (residencial o industrial), la zona (militar, escolar, deportiva), la modalidad (si iba con niños o vacío), las edades del conductor y del vehículo, el momento del día, el día de la semana y el tipo de accidente (choque, atropello, volcamiento, caída de un ocupante).

Para ello se tomó como base el programa Ruta Pila, de la Secretaría de Movilidad del Distrito, centrado en verificar

Duración promedio del recorrido por localidad



Fuente: elaboración propia a partir del Registro de Transporte Escolar (Regte).

‘Así es el sector en Bogotá’

Un estudio para caracterizar el transporte escolar de colegios públicos y privados de Bogotá, realizado entre el 2009 y el 2010 por el grupo PyLO, arrojó, entre otras, las siguientes conclusiones:

- Aparte de los colegios que poseen su propia flota de buses, ninguno de los actores involucrados en la actividad ejerce acciones de supervisión o proposición que posibilite mejorar la calidad integral del servicio.
- A los contratantes les interesan más los precios bajos que las características propias del servicio ofrecido.
- No hay una tipología especial de los vehículos que transportan niños, debido a que las normas facultan a las empresas de transporte especial para movilizar también adultos y, por lo ge-

neral, estos son acondicionados para personas mayores.

- El nivel tecnológico de las empresas es bajo: poco más de 10 % usan GPS o software especializado para diseñar la ruta y solo 6 % emplean GPS para controlar el tránsito de sus vehículos durante el recorrido.
- El promedio de edad de los automotores que prestan servicio a instituciones privadas es de 8 años y solo el 15 % los recibe si tienen más de 20 años. En los colegios públicos es de 13 años y el 68 % los acepta si la edad es superior a 20 años.

Propuestas

- Frente a esta situación, los investigadores hicieron recomendaciones como:
- Separar el servicio escolar de otros que

se prestan bajo la modalidad de transporte especial.

Especificar el perfil de los conductores, pues la reglamentación es muy laxa. Por ejemplo, en Bogotá se encontró que en el 2009, de un total de 779 contratados por los colegios oficiales, 358 eran reincidentes en infracciones y las multas adeudadas sumaban cerca de 1142 millones de pesos. Por eso sugieren centralizar la información acerca de los automotores, las empresas, los conductores y los acompañantes de rutas en un Registro Nacional de Transporte Escolar. Este sería manejado por el Ministerio del Transporte y alimentado por las secretarías de Movilidad.

Reglamentar los tiempos máximos de los recorridos de los buses para maximizar el bienestar de los estudiantes. ■

las condiciones de seguridad de este tipo de transporte mediante la comprobación del cumplimiento de requisitos como las características físicas de los automotores (estado de las llantas, niveles de los líquidos, uso de cinturones de seguridad, análisis de gases, utilización de señales especiales...). La iniciativa distrital también se orienta a sensibilizar a directivos de colegios, padres de familia, transportadores y autoridades sobre su corresponsabilidad en el tema. A partir de las placas de los automotores, estos datos se cruzaron con la base de accidentalidad del Ministerio de Transporte.

Al hacer el cruce, los registros válidos fueron 4526, pero los investigadores destacan que debieron obviar un número significativo debido a que los datos en las planillas están mal tomados: encontraron, por ejemplo, inconsistencias como que la edad del conductor es de 5 o de 130 años o placas incompletas.

Otra dificultad se deriva del hecho de que el transporte escolar pertenece a la categoría servicios especiales, que incluye también modalidades como turismo o empresarial. Por ello no se puede determinar exactamente cuáles llevan colegiales, pues todos están habilitados para ello. Según datos de la Subdirección de Tránsito y Transporte, la mayoría son microbuses (23.000), le siguen los buses (10.000), las busetas (5000) y las camionetas (4000).

El estudio de Los Andes es una continuación de una investigación de mayor alcance también dirigida por el doctor Amaya para caracterizar el transporte escolar en Bogotá (ver recuadro ‘Así es el sector en Bogotá y CONTACTO # 1, pág. 15).

Algunos hallazgos

- La gravedad de los accidentes es menor cuando ocurren en las áreas urbanas o en las zonas escolares, el vehículo transporta niños o ha sido revisado por la Ruta Pila (20 % menos en este último caso). Esto significa que el programa de control adelantado por la SED ha aminorado el impacto de los siniestros. Además, el número de sanciones se ha incrementado desde que este comenzó en el 2010.
- La gravedad es mayor si ocurre un domingo (no hay que olvidar que los carros escolares pertenecen a la categoría de transporte especial que incluye otras modalidades). También lo es si sucede un viernes en comparación con los que acaecen entre semana.
- La edad del conductor, el uso de cinturón de seguridad y las condiciones climáticas no inciden en la gravedad. ■



EL GRUPO:

PyLO (Producción y Logística)

CONTACTO:

Ciro Alberto Amaya, ingeniero de sistemas, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Industrial.
ca.amaya@uniandesedu.co

Exdecanos con mucha visión

Por su inquebrantable compromiso y gracias a la contribución de un amplio grupo de profesores —tal como ellos lo destacan—, estos 12 ingenieros fueron decisivos en la consolidación de la Facultad de Ingeniería como una escuela de primer orden. CONTACTO reseña su aporte en la decanatura y sus planeamientos de hacia dónde debe dirigirse la formación de estos profesionales en el futuro.



▲ Varios exdecanos asistieron a un coctel en la Universidad para celebrar la acreditación ABET de los programas de pregrado en Ingeniería. De izquierda a derecha: Laszlo Szekessy, Gustavo Jaramillo, Álvaro Salgado, Rafael I. Mariño, Eduardo Aldana, Hernando Durán y José Tiberio Hernández.

Álvaro Salgado (1957-1965)

Ingeniero civil de la Facultad de Matemáticas e Ingeniería de la Universidad Nacional e Ingeniero Eléctrico (M.Sc.) de CalTech (Estados Unidos). Regresó al país por invitación de Mario Laserna para vincularse, en 1952, a la recién fundada Universidad de los Andes para dar inicio a los estudios básicos de ciencias dentro de la metodología estadounidense. Se especializó en Sistemas y Centrales Eléctricas, en Metropolitan Vickers (Inglaterra) y regresó a Los Andes para dirigir la estructuración de la Facultad de Ingeniería hasta 1957, año en el cual fue posible una decanatura formal que ocupó hasta 1965. Le fue otorgada la Medalla de Oro de Los Andes y a su retiro le confrieron el título de Decano *Honoris Causa*. Es miembro del Consejo Directivo y fue rector de la Universidad. Fundó y dirigió la empresa Samel Ingenieros, la Asociación Colombiana de Ingenieros Aciem, de la cual es presidente honorario, y la Asociación de Ingenieros Consultores

(Aico). Colaboró estrechamente con la Asociación de Exalumnos (Uniandinos), de la cual es presidente honorario.

Aportes

"La implantación del modelo y de los métodos norteamericanos de la enseñanza de la Ingeniería, que en los comienzos de la Universidad comprendía cerca del 80 % del alumnado, lo que a la postre impactó no solo a esta disciplina en Los Andes sino al resto del sistema universitario del país. También se amplió el horizonte de esta profesión para incluir otras especialidades pues en ese entonces solo se enseñaba la Ingeniería Civil. Lo anterior tomó unos 15 años y fue posible con la valiosa colaboración de varias de las mejores universidades estadounidenses, donde se graduaron cerca de 300 estudiantes. Algunos de ellos retornaron a su alma máter con posgrados y esto nos permitió tener el primer grupo de uniandinos graduados en Colombia en 1965 y así constituir la Facultad de Ingeniería más avanzada del país".



Énfasis hacia el futuro

"Al contemplar el magnífico desarrollo de la Facultad, solo resta desear que se mantenga el espíritu de innovación y servicio que la ha caracterizado y que se ha conseguido con la dedicación e inteligencia de sus profesores y directivas".

Eduardo Aldana Valdés (1965-1968)

Ingeniero civil de Los Andes, M.Sc. de la Universidad de Illinois y Ph.D. de MIT. Fue rector de Los Andes y es profesor desde 1958. Dirigió Colciencias, fue Gobernador del Tolima e integró la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo. Actualmente, es profesor titular emérito, miembro honorario del Consejo Superior de Uniandes, presidente de la Junta Directiva de Innovar Suroriente del Tolima y de la Asociación para el Desarrollo del Tolima y es miembro de los consejos Superior y de Fundadores de la Universidad de Ibagué. Es autor de varios libros y cientos de artículos. En el 2010 recibió la Medalla Simón Bolívar, Gran Maestro; en el 2012 fue escogido Mejor Docente Universitario por el diario *Portafolio*, y en el 2013, Exalumno Distinguido por la Asociación de Exalumnos de Ingeniería Civil y Ambiental de Illinois.



Aporte

"Ningún aporte es personal, sino de grupo. El mayor fue la expansión de la Facultad para que la carrera se cursara en su totalidad en Colombia, pues esta se había iniciado con un programa 3-2 que correspondía a lo que se conoce como un *Junior College*, en donde los primeros años se hacían en el país y los dos últimos en universidades de Estados Unidos. La Facultad pasó rápidamente de 500 estudiantes a más de 2000 y ese crecimiento impulsó el de otros departamentos como los de Matemáticas, Física, Química, Antropología y Ciencia Política".

Énfasis hacia el futuro

"Los Andes debe tener cobertura nacional de verdad: contar con estudiantes de todos los departamentos de Colombia y hacer presencia en muchos lugares a través de la investigación dirigida a resolver sus problemas críticos, en alianzas estables con universidades regionales".

Carlos Amaya (1968-1977)

Ingeniero eléctrico uniandino y de la Universidad de Pittsburgh (programa 3-2), donde cursó una maestría en Ingeniería Eléctrica con énfasis en potencia. Trabajó en la Westinghouse y en una empresa de Nueva York, al tiempo que completó los estudios de doctorado también en Estados Unidos, pero no se graduó. Regresó al país en 1964 para participar en la expansión de la Facultad y fue el primer jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica. Fue rector encargado y en propiedad en dos períodos, consultor de Zuleta, Holguín y Compañía en temas de líneas de transmisión eléctrica y trabajó en Hidroestudios, especializada en hidroeléctricas, pero no dejó su vínculo docente con Los Andes. Ocupó la decanatura de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Minuto de Dios y la dirección académica de la seccional de Soacha (Cundinamarca).

Aporte

“El principal fue participar en el proceso de ampliación de la Facultad. Contábamos con el apoyo de la Fundación Ford y del BID. Esa época coincide con la inauguración del edificio de Ingeniería —antiguo W—, que después demolieron. También estuve en el comienzo de los posgrados, las educaciones continuadas y las especializaciones”.

Énfasis hacia el futuro

“Los Andes ha evolucionado para concentrarse en la investigación e incluso en los doctorados, lo cual ha implicado un desarrollo muy fuerte del profesorado que hoy se orienta no solo a la docencia, sino también a la producción académica. Eso debe mantenerse y fortalecerse a la par con la dinámica académica. Por otro lado, a esta y a otras universidades las ha ayudado mantenerse al margen del activismo político para desarrollar su calidad. Por supuesto,



está involucrada en el cambio social, pero sin apoyar partidos o movimientos políticos porque su característica es ser libre y no confesional”.

Laszlo Szekessy (1977-1979)

Nació en Hungría, pero salió de ese país en 1956 después de la revolución contra el comunismo y se nacionalizó en Canadá. Desde hace 16 años vive en Cali. Ingeniero mecánico de la Universidad Tecnológica de Budapest (Hungría); magister en Ciencias Aplicadas en Ingeniería Mecánica de la Universidad de British Columbia (Canadá), con estudios especiales de Materiales en Ingeniería en MIT (EE.UU.) y diploma de Alta Gerencia de la Universidad de los Andes. Ha sido profesor en las universidades Tecnológica de Budapest, de British Columbia y de Los Andes, donde, además, fue dos veces coordinador del Departamento de Ingeniería Mecánica y una de los posgrados en esa disciplina e integró el Consejo Académico.

Entre su vasta actividad profesional se incluyen cargos públicos y privados en Hungría, en Vancouver (Canadá), en MIT y en Colombia, donde fue subgerente y gerente de Papeles Nacionales S. A., en Pereira. En 1988 recibió la Medalla Conmemorativa de Mérito de la Universidad de los Andes 40 años y, en el 2012, el diploma Diamante por 60 años de trabajo profesional meritorio de la Universidad Técnica de Budapest.



Aportes

“Me vinculé en 1962 y participé decididamente en la expansión porque era muy oneroso para los padres sufragar los gastos en universidades del exterior. Ese período, 63-64-65, fue muy significativo porque la Universidad despegó debido a que consiguió ayudas de las fundaciones Ford y Rockefeller y sin ese apoyo la Facultad no existiría. Como decano me centré en que se investigara no solo en temas académicos sino para producir fondos que permitieran financiar esas investigaciones”.

Énfasis hacia el futuro

“La Facultad debe continuar con esa calidad y con el doctorado, pero necesita asegurar que los estudiantes estén muy enfocados no solo en lo teórico, sino en la práctica. La Universidad ha trabajado muchas veces, sobre todo el doctor Eduardo Aldana, para que haya un programa intermedio que forme técnicos, pues son muy necesarios y faltan entre el ingeniero y el obrero. Tales mandos medios no se dan en Colombia y son los que realmente saben cómo hacer las cosas para que la producción sea eficiente, porque los conocimientos del ingeniero son teóricos. Es lo que necesita el país”.

Foto: Lisa Neïsa



Gustavo Jaramillo Rego (1980-1981)

Ingeniero civil uniandino, cursó una maestría y obtuvo un título doctoral en MIT en Transporte e Investigación de Operaciones. A su regreso se vinculó a la Facultad como profesor, al tiempo que trabajaba como consultor en Sistecom, firma de la que se retiró para regresar al Valle del Cauca a montar un ingenio azucarero. Fue empresario del sector plásticos en Bogotá y Medellín, floricultor en la sabana de Bogotá, jefe de la Dirección de Transporte del Departamento Nacional de Planeación y miembro del Consejo Nacional de Valorización. Actualmente preside la junta directiva de la Zona Franca de Tocancipá. En años recientes regresó a Los Andes para hacer una especialización en Derecho Comercial y una maestría en Derecho.

Aporte

“Consideré importante formalizar las consultorías que hacían los profesores utilizando recursos de la Universidad y que generaban algunos beneficios a la Facultad, pero tenían un carácter más de concesión para permitirles mejorar sus ingresos. El

propósito era impulsar la incipiente investigación mediante la creación del CIFI (Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería) para que las canalizara y respondiera por ellas. También trabajé en un proyecto administrativo para establecer un sistema de elaboración de presupuestos participativo entre los distintos departamentos de Ingeniería, con el ánimo de extenderlo a toda la Universidad”.

Énfasis hacia el futuro

“Hoy cuando una persona cambia de trabajo, en gran medida cambia también de profesión porque las tecnologías, las herramientas y los énfasis de modifican muy rápidamente. Por eso, en todas las carreras las universidades debe formar profesionales que puedan adaptarse a las nuevas exigencias. La capacidad de cálculo y de procesamiento se multiplicó en los 20 años anteriores de tal manera que lo que era impensable de hacer numéricamente se logra hoy fácilmente porque existe el software adecuado. Los ingenieros tienen que moverse en esas áreas. La Facultad también debe conservar el énfasis en la formación de profesionales con bases humanas y principios éticos muy sólidos”.

Rafael I. Mariño (1982)

Ingeniero eléctrico uniandino y de la Universidad de Notre Dame (Estados Unidos), hizo estudios de posgrado en Economía e Ingeniería Industrial en Los Andes y es egresado del Programa de Alta Dirección Empresarial (PADE) del Inalde. Ha participado en proyectos nacionales de gran envergadura en el sector eléctrico, entre los que se cuenta la planificación técnica y administrativa de la interconexión nacional y la fundación de la División de Energía de Planeación Nacional. Fue gerente general del ICA, del Ingenio Riopaila, de la Asociación Nacional de Productores de Leche (Analac), de Central de Mezclas y de Frigoríficos Colombianos S. A. (Colfrigos). Está vinculado al sector floricultor desde hace 15 años y es piloto privado.

Aportes

“Entre los avances más importantes de cada uno de los departamentos que tenía la Facultad están: en Civil, la formulación



del primer código antisísmico colombiano y la apertura de la maestría; en Eléctrica se empezó a trabajar en áreas como control automático e Ingeniería Biomédica; en Industrial se adoptaron patrones académicos globales con utilización de tecnología avanzada y se creó una opción en Agroindustria; en Mecánica se dieron pasos en la transformación de los materiales para aplicarlos en la creación de maquinaria industrial, refrigeración, inicios en robótica y componentes automotrices y sistemas biomédicos; en Sistemas y Computación se trabajó para formar profesionales capaces de adaptarse a partir de la iniciativa y el ingenio, con miras a lograr para el país avances muy rápidos pero seguros en la adopción de las nuevas tecnologías informáticas. Al mismo tiempo, para fortalecer la investigación sobre problemas reales se creó el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (CIFI).

Énfasis hacia el futuro

“Tanto en los países que dependen del sector primario como de la manufactura, la ciencia y la tecnología son los elementos de cambio y en ellos se ubica Ingeniería. La innovación con énfasis en la calidad debe ser constante y dado que la cultura corporativa demandará más productividad como mecanismo para lograr rentabilidad, las condiciones sociales y el ambiente de trabajo de los ingenieros serán más duros por la presión de las comunicaciones, la rapidez del cambio y la necesidad de aumento de la competitividad. Esto implica que, dentro de un innegociable marco ético, deberán ser excelentes técnicos, con amplios conocimientos globales en otras culturas y lenguas extranjeras. Necesitarán una estructura moral fuerte que les permita competir en un ambiente con un número de ingenieros asiáticos cada vez mayor. Los colombianos no pueden perder de vista la perspectiva mundial, pero con el compromiso de buscar soluciones a los problemas nacionales, entendiendo que su entorno es político, social, económico y global”.

Ernesto Guhl Nannetti (1982-1985)

Ingeniero civil uniandino y de la Universidad de Notre Dame (Estados Unidos), fue becario del Consejo Británico en las universidades de Oxford y Bradford (Inglaterra). Durante muchos años ha sido profesor, fue vicerrector de la Universidad y presidente de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. Es una autoridad en temas ambientales, en los que ha formulado y dirigido políticas, planes y proyectos para el Gobierno Nacional, la Comunidad Andina de Naciones, varias CAR y empresas de servicios públicos. Fue viceministro de Medio Ambiente, consultor de diversas instituciones internacionales en temas de medio ambiente y de transporte y es autor de libros y publicaciones. Actualmente dirige el Instituto Quinaxi para el desarrollo sostenible.

Aporte

“Además de impulsar el nivel técnico-científico de la Facultad como principio básico, propendí hacia una formación más interdisciplinaria e integral de los ingenieros, para darles una visión más completa del contexto donde iban a desarrollarse y trabajar. Así fue como con la Facultad de Economía se adelantó un programa conjunto de maestría con el apoyo de la Universidad de las Naciones Unidas, y con la Facultad de Humanidades creamos cursos como Colombia Hoy o Tecnología y Sociedad, con la participación activa de don Ramón de Zubiría, la secretaria general de la Facultad Tica Laserna, el vicedecano Antonio García, la decana Gretel Wernher y los profesores Ignacio Abello, Alberto Sarria y Ernesto Lleras. Realizamos concursos de cuento y eventos sobre temas no técnicos relacionados con la Ingeniería. También introdujimos la problemática ambiental en cursos de formación básica y firmamos un convenio de coedición entre Tercer Mundo y Ediciones Uniandes, que creamos cuando me desempeñé como vicerrector, para publicar libros sobre temas ambientales”.



Énfasis hacia el futuro

“Cada vez es más evidente la necesidad de las aproximaciones complejas e interdisciplinarias a la solución de los diversos problemas y situaciones que afronta la sociedad del conocimiento y la información. En mi opinión, las universidades, además de servir como mecanismo de ascenso individual, deben servirle al país, para lo cual es necesario mantener la excelencia y la innovación en los campos técnico-científicos como eje fundamental de la Facultad. Estos debe enriquecerlos con una formación más integral para desarrollar los proyectos y resolver los retos relacionados con el aprovechamiento de nuestros recursos y potencialidades para lograr una sociedad más equitativa y más próspera”.

Antonio García Rozo (1986-1989)

Ingeniero electrónico de la Universidad Javeriana, hace 36 años se vinculó a Los Andes donde hoy es profesor titular. Fue decano y vicedecano de la Facultad, jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica (1979-1982) y director del CMUA (Centro de Microelectrónica de la Universidad de los Andes). Es autor/coautor de más de 80 publicaciones en revistas y congresos y ha publicado tres libros y dos capítulos en libros de investigación. Es miembro distinguido de Aciem, asociación de la cual es actualmente vicepresidente nacional, miembro correspondiente de la Academia Colombiana de Historia de la Ingeniería y las Obras Públicas y *senior member* del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Representa a las universidades privadas ante el Consejo Profesional de Ingeniería.

Aporte

"Cuando yo era vicedecano y Ernesto Guhl decano, comenzamos la primera reforma curricular global de la Facultad, en la que realizamos una revisión de los cursos comunes de la formación de los ingenieros. En mi decanatura consolidamos el CIFI y se impulsó la creación de los grupos de investigación en cada Departamento para fortalecer esta actividad en la Facultad y darles una base sólida a las maestrías. Cuando terminé ese período, participé decididamente en la creación del Departamento de Ingeniería Electrónica durante la rectoría de Rudolf Hommes".

Énfasis hacia el futuro

"Los Andes decidió ser una Universidad de investigación y no debemos abandonar ese objetivo, pero no se puede perder el foco de trabajo en el pregrado, teniendo presente que a ese nivel debemos formar un ingeniero más que un investigador.



En el campo de la investigación, es fundamental una mayor interacción con el sector externo, que permita que esta actividad sea una forma de hacer más competitiva nuestra ingeniería".

Hernando Durán Castro (1990-1991)

Ingeniero eléctrico de la Universidad de los Andes y la Universidad de Illinois (programa 3-2), donde cursó una maestría en Ingeniería Eléctrica. Al volver a Colombia en 1963 se vinculó a Los Andes como profesor, de donde se retiró para fundar, con Álvaro Salgado y Gustavo Jaramillo (exdecanos), Sistecom Ltda., consultora especializada en centros de control y manejo de energía que hizo trabajos para ISA y Corelca, entre otras grandes empresas de distribución. En 1988 retornó a la Universidad y es parte del comité editorial de la *Revista de Ingeniería*.

Aportes

"Mi meta fue incrementar la integración de los departamentos de la Facultad. Esto se tradujo en estrecha colaboración de profesores de diferentes áreas en proyectos multidisciplinarios y de investigación y en la revisión de objetivos y programas de los cursos básicos del currículo. Igualmente se afianzaron las relaciones con otros departamentos, particularmente Matemáticas y Física, y se



revisaron contenidos de los cursos de ciencias básicas de Ingeniería. También se fortalecieron los lazos con otras escuelas de ingeniería colombianas, principalmente a través de Acofi (Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería). En mi decanatura comenzaron a estudiarse los requisitos de acreditación ABET, la cual se logró por primera vez con el siguiente decano".

Énfasis hacia el futuro

"La formación técnica, en Matemáticas y Ciencia siempre ha sido muy buena y debe conservarse. Eso ha sido evidente desde cuando íbamos a terminar la carrera en Estados Unidos, pues estábamos por encima del promedio de los americanos. Debe hacerse hincapié en la formación integral mediante actividades en ética profesional, responsabilidad social y desempeño político; impacto de las decisiones del ingeniero sobre el medio ambiente; interrelaciones entre tecnología y sociedad; economía y regulación de sistemas de servicios públicos, comunicaciones, energía, agua potable, transporte, aseo y otros, y evaluación de proyectos que abarquen los temas anteriores".

Alberto Sarria Molina (1991-1996)

Ingeniero Civil de la Universidad del Cauca. Es profesor titular y emérito de Los Andes, donde fue jefe del Departamento de Ingeniería Civil, vicedecano y decano de la Facultad de Ingeniería. Hizo consultoría durante 16 años y escribió varios libros que versan sobre la Ingeniería Civil como profesión, la acción sísmica sobre las obras civiles, la dinámica terrestre, la investigación no destructiva de materiales y el comportamiento del concreto reforzado en terremotos. En la actualidad, asesora empresas en las áreas de energía, infraestructura y seguros. (Ver CONTACTO # 4, pág. 59).

Aporte

“Solo no hice aportes. Los logros se obtuvieron gracias a la colaboración de muchos profesores y otras personas de la Universidad. Participé activamente en lo siguiente: creación del Departamento de Ingeniería Química; estudio y puesta a punto de la carrera profesoral; evaluación de la Facultad por parte de ABET; desarrollo de los programas de doctorado en modalidad compartida; creación del desaparecido Citec (Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico) con la colaboración directa de la Rectoría para conseguir un préstamo bancario con el fin de comprar el edificio de Dow Química en la calle 17 con carrera 67, donde funcionaron los laboratorios, que ayudé a modernizar; formulación de un plan de desarrollo que se actualizaría con cierta periodicidad; acercamiento a la comunidad de exalumnos mediante reuniones anuales, y creación del Comité Asesor de la Facultad”.

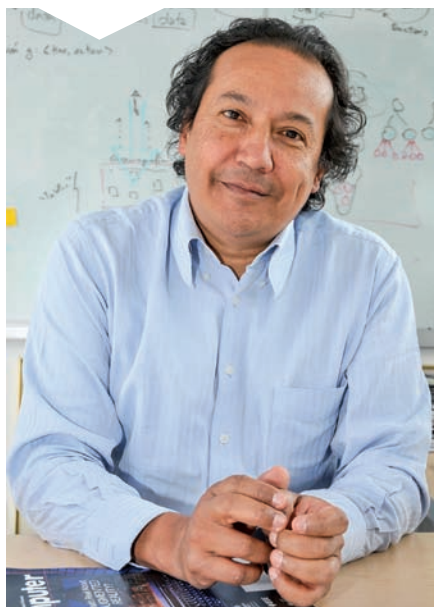


Énfasis hacia el futuro

“He sido partidario y fiel seguidor de la idea de una educación profesional basada en los principios fundamentales dentro de una ética intachable. Solo así se obtienen la innovación y la creatividad del ingeniero. La meta institucional debe ser una Universidad con la mejor e indiscutible calidad de enseñanza con énfasis en la investigación, para lo cual es necesario que los profesores desarrollen nichos propios con dedicación de largo plazo en sus actividades académicas. Las directivas de la Facultad y los directores de Departamento deben estimular una cohesión mínima con el liderazgo necesario para que la actividad sea productiva y sirva para engrandecer y enaltecer la todavía escasa respetabilidad de nuestro país en el mundo universitario”.

José Tiberio Hernández Peñaloza (1997-2005)

Ingeniero y magíster de Sistemas y Computación de la Universidad de los Andes, D.E.A. en Informática Aplicada de la Universidad Pierre y María Curie (París VI- Francia) y doctor ingeniero en Computación Aplicada de la Escuela Nacional Superior de Técnicas Avanzadas (ENSTA-Francia). Líder de proyectos de investigación en computación visual y en formación para la innovación con ingeniería. Autor de numerosas publicaciones nacionales e internacionales. Actualmente dirige proyectos en analítica visual en cerebro y en



sistemas urbanos, así como en ambientes de entrenamiento inmersivo en el grupo de investigación Imagine (Computación Visual), y lidera la iniciativa de innovación con tecnología.

Aportes

“Lo más relevante fue proyectar la Facultad para que se apropiara de una visión de futuro. Esto implicó facilitar la formación del orden de 50 jóvenes futuros profesores que iban a dinamizar la voluntad de modernidad y a fundamentar el crecimiento de la investigación. También se reforzaron las visiones internacional, del aprendizaje activo, del trabajo en grupo, de la experimen-

tación y de la innovación en la cotidianidad. El cambio se tradujo en un proyecto académico y un nuevo edificio, el Mario Laserna, con mejores laboratorios, nuevos recursos y un espacio concebido para la interacción y el estudio grupal para llevar a cabo el proyecto académico. Como parte del desarrollo de la Facultad abrimos el doctorado, se consolidaron nuevos programas como el de Ingeniería Química y el de Ingeniería Ambiental y se impulsó la formación de los profesores del futuro programa de Ingeniería Biomédica. Impulsé, con Alberto Sarria, los encuentros de

Ingeniería Uniandina, que dieron origen a la reunión bienal Volver a Los Andes e hicimos los primeros programas de doble diploma con grandes escuelas francesas de ingeniería”.

Énfasis hacia el futuro

“Debemos afianzar nuestras fortalezas en el desarrollo del conocimiento en ciencia, ingeniería y tecnología y su aplicación en nuestra realidad. Esto implica enfatizar en la docencia y en la investigación, así como en el quehacer cotidiano de una manera más decidida para buscar impacto en el

entorno, es decir, en los temas de innovación y emprendimiento, en ese orden. También es necesario construir una visión más global, acelerar los procesos de internacionalización y propiciar alianzas de largo plazo que hagan sostenible esa visión de facultad moderna de investigación y de impacto en el sector empresarial. Para eso se necesitan más y mejores profesores, más alianzas que generen financiación estable y mucho trabajo para que los estudiantes de todos los niveles se sientan parte del motor de cambio del ecosistema que mejora nuestra sociedad”.

Alain Gauthier Sellier
(2005-2013)

Ingeniero eléctrico, nacido en Francia, con D.E.A. en Automática y doctorado del Institut National Polytechnique de Grenoble. Fue investigador del grupo Brown Boveri en París. En 1983 se vinculó a Los Andes, donde es profesor titular. Dirigió el Departamento de Ingeniería Eléctrica y el posgrado e investigación de la Facultad. Ocupó la decanatura hasta marzo pasado. Fue integrante y coordinador de la Comisión Nacional de Doctorados y Maestrías del Ministerio de Educación. Es par evaluador acreditado del sistema latinoamericano Arcusur. Recibió el premio Alain Gauthier de la IEEE CSS (IEEE Control System Society sección Colombia) en el 2011 por sus aportes a la investigación y la educación en el área de Control en el país. Ha publicado más de 60 artículos en congresos o revistas y ha formado directamente 10 estudiantes de doctorado.

Aporte

“El mayor progreso de la Facultad (resultado colectivo) fue la consolidación de un cuerpo profesoral con doctorado y su impacto en la investigación y la formación de los doctores que necesita el país. El número de profesores con doctorado pasó de 50 en el 2005 a 85 en el 2012 y la población de estudiantes de ese nivel subió de 27 a 95 en el mismo período. La Facultad tuvo el primer programa de doctorado de Colombia acreditado por su alta calidad por el CNA. De igual forma, el número de publicaciones ISI pasó de menos de 6 en el 2005 a más de 60 el 2012, y los contratos con el sector externo, de 5000 millones de pesos en el 2005 a 17.000 millones de pesos en el 2011. La acreditación internacional ABET de los programas de Ingeniería fue también un paso importante en la consolidación de la calidad, así como la creación del programa de pregrado de Ingeniería Biomédica”.



Énfasis hacia el futuro

“El gran reto actual de la Facultad es la formación en contexto de los investigadores que necesita el país, para lo cual se debe hacer crecer fuertemente la cantidad de proyectos con el sector externo y trabajar sobre los grandes problemas colombianos. Una forma de responder a ese desafío es la reciente creación de los Centros de Investigación Estratégicos (agua, energía, transporte, materiales y muy pronto en TIC)”. ■

La Web Semántica, una manera inteligente de relacionar los datos

Contar con una inmensa red con todos los datos conectados e integrarlos sin acudir a un proceso manual es la gran ventaja de esta tecnología que empieza a tener auge en el mundo.

Una tecnología que integra miles de millones de datos disponibles en la Red para hacer más eficiente la vida de las personas, que permite a los investigadores validar teorías o entender los avances de sus colegas sin conversar entre ellos, o que le avisa al usuario de las demoras en el tráfico sin pedirselo. Esa es la Web Semántica, una conjugación de modelos, metodologías, información, contenidos y herramientas que se está imponiendo en el mundo, sobre la cual aún hay mucho por desarrollar y aprender. Pedro Szekely, investigador colombiano de ascendencia húngara, PhD en Ciencias de la Computación de la Universidad de Carnegie-Mellon (Estados Unidos), hoy investigador en la Universidad de Southern California (Estados Unidos), estuvo en Los Andes en julio pasado para dictar, desde la Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación, un curso sobre el tema en la Escuela de Verano.

En esta entrevista el ingeniero de sistemas y computación y matemático graduado en la Universidad de los Andes, habló con CONTACTO sobre el alcance de la Web Semántica, cuyo nombre se deriva de la capacidad de interpretar y combinar significados, y destacó: “Lo bueno de enterarse de esto es que uno puede empezar a generar aplicaciones que no es posible hacer de otra manera”.

¿Qué es la Web Semántica?

Es una extensión de la web para construir una red de datos, además de la red de documentos existente.

¿Qué diferencia hay entre las dos redes?

La red de documentos es para consumo humano. Tomamos sus documentos, los leemos y extraemos información de ellos. La idea de la web de datos es que los computadores también puedan usar la información de la web para darnos respuestas a preguntas o para automatizar ciertas tareas, de forma que hagan cosas para nosotros y sin acudir a procesos manuales.

¿Podría dar ejemplos de esas tareas?

El ejemplo más tradicional es pedirle que nos maneje el calendario y nos ayude a saber que un avión se atrasó para no ir al aereo-



▲ Al resaltar las ventajas de la Web Semántica, el profesor menciona la posibilidad de acoplamiento de los datos de distintos investigadores sin la necesidad de hablarse entre sí ni de desarrollar más software.

puerto todavía, o que, al cruzar los datos, me diga que debo salir de casa más temprano porque cerraron la autopista. Son tareas que nos ayudan a ser más eficientes y que el computador puede hacer extrayendo información de muchos proveedores, del tráfico, de la aerolínea, del hotel, de una reunión.

¿Cuál es la diferencia entre la información que nos proporcionan los teléfonos inteligentes y la que nos provee la Web Semántica?

La diferencia es que el teléfono me puede dar todos los datos útiles para que yo tome la decisión, pero no razona acerca de cuándo debe darme esa información si no se la pido. Puedo ir al teléfono, buscar el estado del tráfico y me lo muestra en un mapa, o ir al sitio de la aerolínea y pedir que me envíe un mensaje de texto si el avión se atrasa, pero cada mañana al levantarme debo acudir a esos sitios para saber si hay algo que vaya a ser útil para mis tareas. Con la Web Semántica es posible que incluso el teléfono me levante y me diga: Pedro, lo desperté más temprano porque hoy cerraron la autopista y necesita salir media hora antes para llegar a tiempo al aeropuerto.

¿Qué tan difundido está el uso de la Web Semántica para aplicaciones relacionadas con la vida de la gente común?

No hay todavía muchas aplicaciones porque la Web Semántica ha progresado más en proveer los datos que en crear los agentes (software) que toman decisiones sobre ellos. En los primeros años se desarrollaron muchas tecnologías de los agentes, pero no había los datos; hoy se está avanzando mucho en publicarlos, lo que dará lugar a que sea posible construir agentes inteligentes.

¿Eso quiere decir que hay una perspectiva interesante para que los ingenieros desarrollen esos agentes?

Sí, pero es mucho más interesante en el campo de las tecnologías para proveer e integrar los datos. Esa parte de la Web Semántica se llama Linked Data y es más popular.

¿Profesionales distintos a los ingenieros pueden desarrollar ese tipo de tecnologías?

Las tecnologías de la Web Semántica son un campo exclusivo de los ingenieros de sistemas, para que las use todo el mundo. La idea es ayudarlo a gente que no es ingeniero de sistemas a hacer mejor sus tareas.

¿Podría dar algún ejemplo de cómo se puede aplicar esto en Colombia?

Las entidades estatales serían muchísimo más eficientes si tu-



► El ingeniero Pedro Szekely, con los alumnos que asistieron al curso sobre Web Semántica en Los Andes.

vieran información apropiada para tomar decisiones. El público sabría más sobre cómo actúa el gobierno para decidir por quién votar, qué demandar de los gobernantes o enterarse de cómo se gasta la plata. Hay ejemplos muy simples de cómo la información pública le permite a la gente tomar mejores decisiones, cómo van a ser sus negocios, cómo se va a transportar, cómo va a invertir su dinero.

¿Qué necesita un usuario no ingeniero para utilizar la Web Semántica?

Lo primero es tener una idea de que es posible hacer algo con los datos de la web. Muchas de las mejores ideas no podían realizarse porque se carecía de ellos, pero, una vez existen, no hay límites. La Web Semántica es el catalizador para que haya esos datos que permitan a otras personas hacer cosas interesantes. Por ejemplo, en bioinformática si se integra la información, es factible desarrollar nuevas drogas o entender por qué no funcionan para determinados pacientes. Un científico no puede hacerlo solo porque necesita información de otros colegas; anteriormente cada uno tenía sus propias hojas de cálculo o sus bases de datos y no era posible mezclarlos ni integrarlos. Para usar la información de los otros, primero hay que entenderla; lo tradicional era hablar con ellos y después producir un software que tradujera sus datos a un formato entendible. Con la Web Semántica, publicas unos metadatos en forma semántica, de tal manera que mi software podrá acoplar esos datos con los míos y con los de miles de otras personas sin que tengamos que hablar y sin que yo tenga que desarrollar más software.

¿Es necesario entrenarse para usar la Web Semántica?

Si el uso es muy sofisticado, necesito entender las tecnologías y saber programar, pero si soy un científico, puedo hacer un curso de dos semanas en tecnología semántica y con eso es suficiente para entender qué son los datos que me están dando y tomar decisiones de cómo debo publicarlos, usando ciertas herramientas fáciles.

¿Cómo resumiría las ventajas de utilizar la Web Semántica para un profesional o para una compañía?

La ventaja principal es poder integrar datos que nunca habían pensado que iban a ser útiles cuando diseñaron sus sistemas de información y sin tener que hacer modificaciones mayores. Las tecnologías semánticas permiten un dinamismo mucho más rápido que el de las tecnologías tradicionales de bases de datos.

¿Qué aprenden los estudiantes en su curso en la Escuela de Verano?

El propósito es mostrarles que existe una manera de resolver estos problemas más dinámicos, que es diferente de la tecnología tradicional de bases de datos que se enseña en las universidades. Los estudiantes aprenden cuáles son los beneficios, cuáles son



▲ Pedro Szekely nació en Colombia, es de ascendencia húngara y trabaja en Estados Unidos.

los problemas y cuáles son las tecnologías de la Web Semántica. Además, como está teniendo acogida en todo el mundo, es muy importante que conozcan los conceptos básicos, se interesen, la sigan y la usen para lo que es útil.

¿Cuáles son las limitaciones?

Hoy en día la Web Semántica es como era la web en los años noventa. Hay muchas cosas que no funcionan bien ni rápido o las tecnologías no son necesariamente compatibles, pero esto se irá resolviendo a medida que vayan madurando.

¿No hay riesgos de seguridad o de privacidad cuando se empiezan a mezclar los datos de esa manera?

Sí, los hay, obviamente. Estos se derivan de la habilidad de poder integrar información de muchas fuentes acerca, digamos, de personas. Si junto esos datos voy a saber más sobre ellas de lo que sabría de otra manera. El problema no es diferente de lo que sucede hoy con Facebook, Google y muchas otras compañías en internet cuyo propósito es integrar información sobre la gente y vendérsela a otras organizaciones. La Web Semántica no provee una solución a ese problema, es una tarea pendiente que debe ser estudiada, pero la tecnología misma va a desarrollarla. ■

Recuperar ríos es de países civilizados

Modelos matemáticos como el QUAL2K, diseñado por el experto Steve Chapra, permiten determinar la calidad de los cursos de agua y priorizar presupuestos en su recuperación. La gente debe exigir mejor calidad de vida.

44

Solamente una clase media fuerte, que presiona para mejorar la calidad del agua, es capaz de exigir y obtener la recuperación de los ríos. Y los efectos de devolverles la vida son, principalmente, la restitución de la salud de los habitantes del sector de influencia del río, pero también beneficios económicos y, naturalmente, ambientales.

Y aunque la recuperación de un río es una acción tan costosa como hacer un aeropuerto o una autopista, modelos matemáticos como el QUAL2K, diseñado por Steve Chapra, experto reconocido mundialmente, ayudan a determinar cómo usar mejor un presupuesto y en qué etapas y sitios invertir el dinero cuando no se dispone de mucho. “Es lo que hace un país civilizado”, señala. El QUAL2K se ha aplicado en la modelación de la calidad del agua del río Bogotá y del Magdalena, en los estudios “Modelación de la calidad del agua del río Bogotá”, Universidad de los Andes - Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (2002); “Modelación dinámica de la calidad del agua del río Bogotá”, Universidad Nacional de Colombia - Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (2009) y en “Modelación de la calidad del agua del río Magdalena y caracterización de las aguas residuales y pluviales de la ciudad de Girardot”, Universidad de los Andes, ACUAGYR (2005).

El doctor Chapra, ingeniero civil con maestría y doctorado en ingeniería ambiental, estuvo en

la Universidad de los Andes enseñando las bondades de la utilización de los modelos diseñados por él en la recuperación de ríos y lagos. Los beneficiarios de su saber fueron los participantes del Seminario Internacional y del curso de la Escuela de Verano Modelación de la Calidad del Agua Superficial.

Steve Chapra es *fellow* de la *American Society of Civil Engineers*, (ASCE), un honor que solamente tiene el 5 % de los miembros de esta Sociedad. También es Louis Berger Chair, lo que significa que sus investigaciones tienen financiación garantizada. Además, es autor de 7 libros, uno de ellos —*Modelación de la calidad del agua superficial*— es referencia mundial en el tema y junto con *Métodos numéricos* es utilizado por los estudiantes de pregrado de Ingeniería Ambiental de innumerables universidades alrededor del mundo incluida la Universidad de los Andes. Ha escrito más de 100 artículos y publicaciones que han sido citados más de 1794 veces y 21 de los cuales a su vez han sido citados más de 20 veces en otros artículos de investigación, es decir, que han generado otras investigaciones, han suscitado controversia o han logrado



► El profesor Steve Chapra con sus alumnos de la Escuela de Verano.



▲ En los años setenta, en Estados Unidos se invirtieron millones de dólares en plantas de tratamiento para limpiar los ríos. Cuando Steve Chapra era un niño, la calidad del agua en Nueva York era tan mala que había cólera.

Foto: [Photo taken by me] [Public domain], undefined, <http://bit.ly/Z9MMDL>

avances en el estado del arte. Su trabajo se ha utilizado en varios contextos de toma de decisiones, el más destacado de ellos, el Acuerdo de 1978 de Calidad de Agua de los Grandes Lagos, en la frontera entre Estados Unidos y Canadá.

Nació en Estados Unidos y pasó su infancia en una Nueva York contaminada por fábricas que utilizaban carbón. "Cuando volvía a casa, mi madre pasaba un pañuelo blanco por mi cabeza y este quedaba negro. Yo tenía asma". Su padre, un hombre que creció en medio de la pobreza, se crió cerca de un pantano que apesataba. Por eso, y gracias a un buen trabajo, tan pronto tuvo dinero compró una pequeña finca de descanso cerca a un lago porque quería que sus hijos tuvieran a donde ir a nadar, donde caminar.

Es la primera vez que el doctor Chapra viene a Colombia invitado por el profesor Luis Alejandro Camacho, cuyos trabajos de maestría y doctorado en el Imperial College de Londres fueron revisados por el experto mundial. En esta entrevista, Steve Chapra habló de cómo es posible recuperar un río, cuánto demora y para qué sirven los modelos que él diseña, entre otros temas.

¿Cómo es la calidad del agua superficial en el mundo?

En Estados Unidos y Europa es muy buena porque allí hay una gran clase media y la gente ha hecho presión política para tener agua limpia y en eso se ha trabajado desde 1925, así que hay

buenos cimientos. Los movimientos verdes, ambientalistas, no son suficientes; las que logran los cambios son las personas que quieren mayor calidad de vida: ellas tienen que estar presentes.

¿Y en el tercer mundo?

Es muy, muy diferente. Probablemente los dos peores lugares que he visitado están en China y en África aunque, dentro de quince años las cosas en el país asiático serán muy buenas. Fui a Brasil por primera vez en 1984 y era terrible, todos los canales estaban abiertos, la contaminación del aire era espantosa, uno terminaba con los ojos lacrimosos. Años después volví a Sao Paulo, hubo muchas mejoras porque la clase media quería más desarrollo y tener su entorno limpio. La experiencia de Nueva Zelanda, un país muy contaminado hace quince años, es muy interesante. Los edificios que estaban sobre el río tenían sus fachadas de espaldas al agua y la parte trasera no tenía ventanas. Luego todo cambió, ahora es verde, no por los ambientalistas sino porque la gente lo quiso, porque el agua tiene un alto valor. Ahora, los restaurantes dan la cara al río, la gente quiere verlo. En Estados Unidos si tú tienes una casa cerca al agua es dos veces más costosa que las demás. Pero hace cincuenta años, cuando yo era joven, era otra la situación. Había cólera como si fuera África. Crecí en Nueva York, donde habían cerrado todas las playas, pero cuando se im-

plementó el tratamiento de las aguas residuales las abrieron: las mareas del océano ayudan.

¿Cuántos años toma recuperar un río?

Recuperar un río es diferente a recuperar lagos. Los lagos toman mucho más tiempo porque el movimiento del agua es menos rápido. El fondo del lago contiene todos los nutrientes y sustancias tóxicas de los desechos. Por eso, recuperarlo es mucho más lento. Si el Bogotá recibiera un tratamiento completo, incluido el dragado de los lodos, tomaría cinco años. Así fue en Estados Unidos.

¿De qué factores depende la recuperación?

Depende absolutamente de factores administrativos, técnicos y de dinero. Tenemos la tecnología, pero el gobierno tiene que hacer la inversión. En 1970, cuando hubo una ley del agua limpia en Estados Unidos, se gastaron millones de dólares para el tratamiento de los ríos. Había muy buenos impuestos, dinero que los estados les dieron a las municipalidades, de tal forma que lo federal subsidió lo local. La gente estaba feliz porque tenía trabajo construyendo las plantas de tratamiento, como si estuvieran haciendo aeropuertos o autopistas. Recuperar los ríos es parte de la civilización, es lo que hacen los países civilizados.

¿Es caro?

Todo es caro: un aeropuerto es caro, las vías son caras, lo tenemos que aceptar si queremos buena calidad de vida. En países como Malasia gente muy rica tiene lugares preciosos y lo de los pobres es terrible: no hay clase media. Colombia, Chile, Brasil, están cambiando, tienen una clase media más grande. Si quieres tener una casa, no quieres que sea en un lugar que apeste.

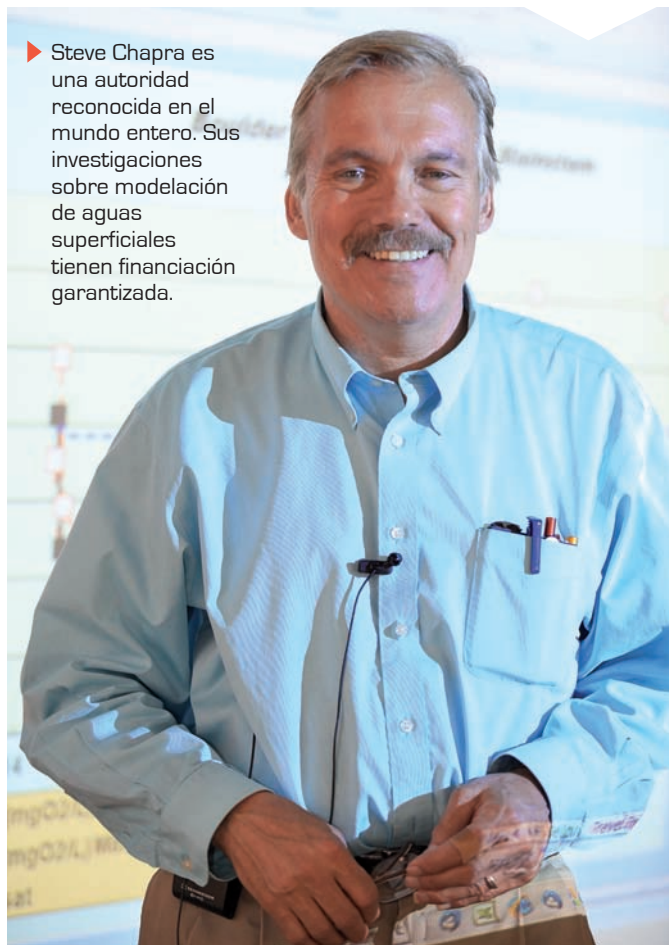
¿Cuál es la importancia de los modelos matemáticos para salvar un río?

Desarrollamos modelos computacionales que nos permiten entender cómo trabaja un río. Usamos matemáticas y ecuaciones para entender donde está mal, donde está bien, cómo se mueve de un lugar a otro y podemos determinar la manera más económica de limpiarlo. Si ponemos los modelos juntos, la química, la biología, la economía con las matemáticas, podemos hacer un mejor modelo.

¿En Estados Unidos hay plantas de tratamiento secundario en todas las ciudades? ¿Esto se podría hacer en un país como Colombia donde no hay buena infraestructura ni vías ni educación, donde se necesita priorizar la inversión?

El modelo permite determinar las prioridades en términos de dónde gastar primero el dinero según el presupuesto, como lo han mostrado algunos trabajos del profesor Camacho. Hay lugares donde las condiciones hacen que las cosas sean más fáciles. Miremos la historia de Londres, cuando se recuperó el Támesis, un río que llega al mar. La gente botaba los desperdicios por la ven-

▶ Steve Chapra es una autoridad reconocida en el mundo entero. Sus investigaciones sobre modelación de aguas superficiales tienen financiación garantizada.



tana. Cuando quisieron salvarlo, hubo ingenieros que diseñaron modelos para los sistemas de tratamiento: primero construyeron recolectores para las aguas residuales al final de la ciudad, donde desemboca el río, de tal forma que cuando la marea bajaba y el estuario estaba alto, se descargaban residuos; y cuando la marea subía, las aguas las almacenaban en tanques. Ese primer paso en la recuperación del Támesis duró un tiempo; luego empezaron a tratar el agua. El período total fue de 20 años.

¿El mayor impacto de la recuperación es social o ambiental?

En África, la tasa de mortalidad está vinculada a la sanidad de los ríos. La gente muere de cólera por el consumo de agua en mal estado y miles de personas tienen problemas de salud por esta causa. Por esta razón, primordialmente, se invierte en su recuperación. En Suráfrica se sanearon porque el gobierno quería exportar productos agrícolas a Europa, que no los acepta regados con aguas contaminadas. Además, limpiarlos trae un beneficio económico directo. Las razones son prácticas. Cuando la gente supera la etapa de la supervivencia, exige calidad de vida para sus hijos. ■

Programa para acercarse a problemas del país

La estabilidad dejó de ser una constante en el ejercicio de la ingeniería. Este cambio cualitativo motivó una reflexión internacional, de la que Los Andes no fue ajena, sobre las habilidades y competencias que debe tener un recién egresado.

Saber observar para intentar comprender las situaciones, comunicar para compartir esa comprensión, concebir y diseñar soluciones para mejorar lo observado, implementar dichos diseños y, una vez puestos en marcha, observar de nuevo su funcionamiento para continuar el ciclo virtuoso. Estas competencias y la de poder trabajar en equipos cada vez más diversos disciplinariamente, y cada vez más dispersos geográficamente, son cruciales para un ingeniero del siglo XXI. Para desarrollarlas, en el 2000, la Facultad de Ingeniería reformó el currículo y, entre otras acciones, puso en práctica la línea de proyectos y, en particular el Proyecto de Mitad de Carrera, mediante el cual propicia el acercamiento de los estudiantes a los problemas reales del país.

La iniciativa está en cabeza de José Tiberio Hernández, profesor del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, quien cuando fue decano de la Facultad entre 1997 y el 2005 impulsó la reforma. Esta fue una respuesta a la reflexión que hace 12 años se hacía en el mundo acerca de las competencias y habilidades que debían tener los nuevos profesionales, motivada por un cambio cualitativo observado en el ámbito de la ingeniería y que se resume de la siguiente manera:

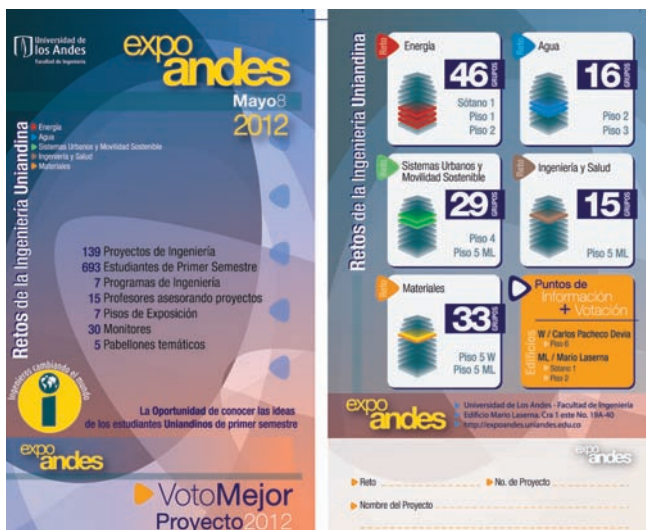
En la década del setenta, la estabilidad laboral era una constante. Los recién graduados aspiraban a ingresar a una gran empresa para hacer carrera en ella hasta jubilarse. Luego, con la globalización, la velocidad con que se expandía la información, las dinámicas de los mercados y las fusiones empresariales, las compañías optaron por tercerizar los servicios y muchas entidades estatales se privatizaron. Ese nuevo escenario caracterizado por la velocidad de los cambios originó una lógica empresarial encaminada a resolver problemas específicos y complejos con la concurrencia de diversas disciplinas y distintas entidades. La ingeniería, entonces, empezó a enfocarse en proyectos puntuales, la estabilidad dejó de ser una constante y hoy es frecuente que un egresado con 10 años de ejercicio haya trabajado en cuatro o cin-



- ▲ El edificio Mario Laserna fue diseñado para propiciar el trabajo en equipo, con el fin de facilitarles a los estudiantes el desarrollo de competencias para resolver problemas en un entorno colaborativo y versátil.

co partes distintas, no porque sea malo, sino porque los proyectos mutan, las empresas circulan alrededor de los proyectos, prestan un servicio y se van.

Lo anterior significa que un ingeniero moderno debe saber asociarse y tener claras sus competencias. La tarea no es sencilla porque los muchachos que se están formando deben crear herramientas para resolver problemas en un entorno de mayor movilidad, más dinámico, versátil y retador.



- ▲ En Expoandes, los estudiantes de primer semestre deben resolver problemas reales del país y sustentarlos ante profesores, compañeros y padres de familia.
- ▶ Este equipo de futuros ingenieros muestra su proyecto.

Aprender haciendo

Para impulsar la nueva concepción se partió de la vieja premisa de que se aprende haciendo, un principio bien resumido por el filósofo chino Confucio cuando dijo: “Me lo contaron y lo olvidé; lo vi y lo entendí; lo hice y lo aprendí”. A esta se suman el trabajo en equipo y la observación consciente, que, en conjunto, responden al propósito filosófico de Los Andes de educar para la innovación.

“Lo primero —dice el ingeniero Hernández— es querer hacerlo; segundo, estar convencidos de la importancia de hacerlo, y, tercero, tener espacios físicos y curriculares para que eso se dé. Esto corresponde a los conceptos de *active learning* (aprendizaje activo) y *learning by doing* (aprender haciendo). Por eso, las 40 salas de trabajo en equipo y las bibliotecas que tenemos en el edificio Mario Laserna (donde está la Facultad) no son gratuitas, sino que responden al deseo de cumplir esos preceptos”.

Estas acciones se complementan con la posibilidad que ofrece la Universidad de cursar dobles programas. En el caso específico de la Facultad se crearon tres momentos en el currículo (la

línea de proyectos) encaminados a propiciar el contacto de los estudiantes con los problemas del país y que se enmarcan en temáticas definidas como estratégicas por la Universidad, como son: agua, energía, materiales, ingeniería y salud, sistemas urbanos y movilidad sostenible y tecnologías de información y comunicación (TIC).

El primero es Expoandes: los primíparos dedican el 40 % del curso de Introducción a la Ingeniería a resolver un problema, observarlo, diseñar la solución (hacer un prototipo) e implementarla.

Para ello deben compararse con los demás y entender que en otras partes del mundo pueden estar haciendo algo similar o mejor y que su competencia o su aliado está en otros lugares. Un aspecto importante es que no se trata de aplicar sus conocimientos, sino que deben aprender algo nuevo y, además, exhibirlo en una muestra abierta a estudiantes, padres de familia y profesores. Es decir, no es un trabajo para el docente, es para la sociedad.

“La escuela ortodoxa dice que primero se enseña para que los estudiantes puedan hacer cosas —señala el profesor Hernández—. Aquí logran desarrollar proyectos, con limitaciones, y dificultades y, al trabajar en equipo se enfrentan a situaciones como que alguien no participa; deben manejar el tiempo porque una presentación clásica no dura más de siete minutos y eso les ayuda a desarrollar habilidades de comunicación”.

El segundo momento es el Proyecto de Mitad de Carrera, cuyo propósito es, nuevamente, hacer una propuesta integradora que resuelva un problema

y que se lleve a un prototipo que se le muestre a la sociedad representada por empresarios, exalumnos y grupos de investigación. En este caso no solo se pretende innovar, sino reflexionar y hacer propuestas sobre su sostenibilidad.

El tercer momento es el proyecto de grado. La sociedad a la que se le muestra el resultado son entidades públicas y privadas, empresarios y grupos de investigación, que van adquiriendo mayor relevancia a medida que se avanza en la carrera, como parte del ecosistema donde se van a desarrollar las iniciativas.

En estos espacios no existe el concepto de tarea para la nota, de disciplina de curso. Son ambiente abiertos, pues una exigencia es que exista un cliente; el estudiante debe investigar afuera sobre cómo funciona una empresa real, un aspecto de la sociedad.





▶ Los alumnos de los ocho programas de Ingeniería deben elaborar afiches para una muestra, en la que son evaluados por estudiantes de otras ingenierías, profesores y empresarios.

de una disciplina distinta a la suya, al tiempo que responden preguntas a profesores, empresarios y compañeros. La pieza es evaluada por alumnos de otra Ingeniería, quienes deben resumir lo que entendieron en un párrafo de máximo 10 líneas y hacer tres sugerencias acerca de cómo mejorarla. “Con ello se fomenta la capacidad de comunicación y síntesis, y se enfrenta a los muchachos a atreverse a hacer recomendaciones sobre un tema del que no son especialistas”, explica el ingeniero Hernández.

Además, de Expoandes, el Proyecto de Mitad de Carrera y el proyecto de grado, dentro del plan de formación de la Facultad de Ingeniería hay otros espacios para propiciar la interacción con la problemática social. Entre ellos están la opción en innovación y tecnología y cursos electivos en los que intervienen otras disciplinas como Ciencias, Diseño y Administración de Empresas.

El propósito de estas actividades es impactar las competencias y la actitud de las personas. Porque el ingeniero no está obligado a ser empresario, pero, cada vez más, si pretende ser un profesional de primer nivel, se le exige ser innovador y emprendedor. Siempre debe ser propositivo y no esperar a que le digan qué debe hacer. ■

Otras alternativas para acercarse a los problemas

Como parte del Proyecto de Mitad de Carrera, los estudiantes de quinto a séptimo semestre de Ingeniería de Sistemas y Computación y de Ingeniería Industrial participan en la Muestra de Innovación con Tecnología Informática. Durante el semestre, los equipos son asesorados por empresarios de muy alto nivel, entre ellos presidentes o expresidentes de compañías multinacionales que, en su condición de mentores, los acompañan en la realización de la idea y les hacen preguntas acerca del interés para la sociedad, el costo o la manera de financiarlo.

De igual manera, los alumnos de los ocho programas de Ingeniería deben participar en una muestra de afiches en los que explican su proyecto a personas



EL GRUPO:

Imagine (Computación Visual).

CONTACTO:

José Tiberio Hernández, ingeniero de sistemas y computación, doctor en Diseño Aplicado por Computador – Informática Aplicada, de La École Nationale Supérieure de Techniques Avancées (Francia), profesor asociado del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación y director del grupo Imagine.

jhernand@uniandes.edu.co

Las preguntas obligadas de un innovador

El director de la Escuela de Graduados de Ingeniería y Arquitectura (EGIN), del TEC de Monterrey, asegura que los proyectos deben formularse basados en la demanda y no en la oferta como es tradicional. También hay que pensar en qué se le puede cambiar al estándar de la industria.



▶ Cuatro panelistas internacionales y cuatro nacionales participaron en el foro organizado por la Facultad de Ingeniería y Acofi, con patrocinio de la Embajada de Francia y el Ictetex.

Guillermo Alfonso Parra aprendió a ser innovador cuando él y un grupo de colegas profesores y de estudiantes del TEC de Monterrey perdieron la posibilidad de crear una empresa porque no sabían cómo hacer un plan de negocios. Estaban participando en una convocatoria para investigadores en México, ya habían superado casi todas las etapas por la solidez académica y científica de dos de los seis proyectos que presentaron, pero en la penúltima sesión les hicieron la exigencia que no habían considerado y no encontraron quién les ayudara de inmediato.

Lejos de amilanarlos, esa experiencia los condujo a aprender sobre el tema. Como doctores habían desarrollado el sentido de la investigación independiente y unieron esos conocimientos con cursos de creación de empresas de alto valor agregado que tomaron en España y de desarrollo de base tecnológica, en Dinamarca. Basados en ese acervo, en el 2002 o 2003 relanzaron el proyecto de incubadoras de empresas del TEC de Monterrey que ha puesto su infraestructura para que los emprendedores generen sus empresas y, posteriormente, parques tecnológicos.

Guillermo Alfonso Parra es colombiano, ingeniero electrónico y magíster de Los Andes, con estudios de maestría especializada y de doctorado de la Escuela Superior de Telecomunicaciones de Bretaña (Francia). Actualmente, dirige la Escuela de Graduados de Ingeniería y Arquitectura (EGIN), escuela de posgrados EP, del TEC de Monterrey en el campus de Guadalajara. En marzo estuvo en la Universidad como conferencista del “Foro formación para la innovación, proyectando el futuro de la ingeniería con innovación y emprendimiento”, organizado por la Facultad y por Acofi. CONTACTO habló con él.

¿Qué caracteriza realmente una idea innovadora y un proyecto emprendedor? Porque muchas veces uno les encuentra distintos usos a las cosas, pero no prosperan o no se apropian. Esas dos últimas palabras que mencionó, que el público se la apropie y la use. Una idea puede ser muy buena para el creador y para un grupo de sus amigos, pero si no es apropiada, no fue innovadora. Esto lo confirma el mercado.

¿Existe alguna metodología para enseñar a que haya apropiación y uso?

No, uno no puede lograr que haya apropiación, pero sí hacer propuestas que presume correctas. ¿Qué hace Marck Zuckerberg para crear Facebook?: observar que a los universitarios les interesa saber el estatus sentimental de sus compañeros y propone una manera sencilla de facilitar la interacción. La observación es fundamental, pero no lo es todo. También influye el cómo se pone a disposición de la gente. Eso es parte del gran éxito de Facebook.

¿Cuáles son los elementos fundamentales que se le pueden enseñar a un ingeniero para que sea innovador?

Un innovador se hace y eso se consigue con la práctica. En el TEC procuramos que lleven un ADN innovador y emprendedor porque lo fomentamos durante toda la carrera. ¿Cómo? Les pedimos que trabajen de manera interdisciplinar, con ingenieros biomédicos o industriales, con diseñadores o con arquitectos que estén concentrados en resolver problemas de la industria con soluciones que no se han propuesto antes, que sean atractivas y confirmadas por los usuarios. Otra recomendación es que se pregunten qué pueden cambiar del estándar de la industria, qué pueden quitarle o agregarle. Un ejemplo es el del Circo el Sol: eliminaron los animales, quitaron la carpa y maximizaron el espacio y el sitio donde se presentan. Eso implicó cambiar el valor de la entrada y eliminar algo que a la gente ya no le gustaba como es el posible maltrato a los animales. Si uno se hace esas preguntas, comienza a tener algo que pueda ser atractivo para el público, pero es un proceso de entrenamiento que se va dando a lo largo de los años de estudio.

¿Cuál es el papel que deben desempeñar las facultades de Ingeniería en esa motivación?



▲ Guillermo Alfonso Parra fundó y dirigió el Centro de Investigación en Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información del TEC de Monterrey.

Primero, entender que el emprendimiento es una formación que le permitirá al estudiante ser muy proactivo y tal vez tener su propia empresa. Eso significa que no va a ser empleado, sino generador de empresas y cambia la perspectiva de trabajo en cuanto a liderazgo, proactividad e innovación por supuesto.

Las facultades y los profesores debemos admitir que estudiamos el doctorado hace 20 o 10 años, pero hace 5 no había tabletas y con ellas están desapareciendo los computadores portátiles. Es decir, deben ayudar a los docentes a actualizarse porque si no, vamos a tener estudiantes bastante más hábiles en ciertas tecnologías que nosotros mismos. También debemos capacitarnos en innovación, lo cual no es nada complicado, pues no requiere que el profesor deje de hacer lo que hace, sino que piense en a quién le puede ser útil su proyecto y cuánto puede valer antes de comenzar. Eso implica trabajar en una investigación y una innovación impulsada por la demanda y no por la oferta que es como actualmente lo hacemos. Hoy desarrollamos el proyecto y luego vemos a quién le sirve. La propuesta es preguntar primero ¿usted qué necesita? O de lo que yo hago ¿qué puede servirle?

Algunos profesores que trabajan con temas de innovación y emprendimiento les dicen a los estudiantes que desde que conciben la idea deben pensar en el mercado global ¿Comparte ese criterio o es utópico porque llegar a mercados globales es más difícil pues los estudios son más costosos y hay más desconocimiento?

Depende del proyecto, pero el mundo ya es realmente plano y pensar un mercado global no es algo ilusorio, porque por ejemplo, si es un software, se puede vender desde Bogotá a cualquier parte del mundo y, si es una mercancía, se puede poner en 24 horas en Europa sin ningún inconveniente. ■



“Hay que formar seres humanos integrales”

Con un nutrido homenaje, la Universidad de los Andes agradeció el casi medio siglo de enseñanza a una persona emblemática de esta época: el ingeniero José Ignacio “Pepe” Rengifo.

52

Uno de los profesores más queridos del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental es también uno de los más estrictos: el promedio de personas que se quedan en las materias que dicta es del 30 %. Y sin embargo, antes que odiarlo o rechazarlo, la gente siente un cariño enorme por él. Prueba de ello es que un par de centenas de exalumnos de todas las generaciones que durante 47 años —94 semestres— asistieron a sus clases llenaron el auditorio donde se le rindió un homenaje hace unos meses.

Y aunque hay una aparente paradoja en el cariño y respeto que sienten hacia este profesor que jamás negoció con las notas, para Pepe Rengifo “cuando uno les brinda a los estudiantes una amistad tiene que ser muy exigente. Fui muy amigo de mis estudiantes, sobre todo al principio”.

“Sus exámenes eran los sábados por la tarde y podían durar cinco horas. Tiraba a matar, eran difícilísimos y rajaba a una cantidad de gente impresionante —recuerda el profesor Sergio Barrera que fue su alumno—. Me parece que si a uno no le exigen, no saca de adentro todo lo que puede dar. Y un estudiante al que no se le exigió va a ser un mal profesional, sin dedicación y sin tendencia a esforzarse”.

Es curioso que sus alumnos lo recuerden tanto por esa característica como por su gran bondad, generosidad y alegría. Y es tal vez esa combinación lo que lo hizo un personaje especial no solo en el Departamento sino también en la Facultad. Pero la aparente contradicción la resuelve el ingeniero civil Barrera diciendo: “No es un profesor que regale las notas, no hay ni peligro, y eso forma parte de su integridad: la calificación es sagrada y le va bien a la persona que trabaja”. Esas condiciones fueron las que resaltó Sergio Barrera en su discurso del homenaje porque considera que son muy importantes para un docente.

Y sin embargo, por ese sentido de la amistad, le resultaba muy duro el momento de dar las notas, cuando algunos de sus alumnos se quedaban: “Uno no disfruta rajando a la gente, no, definitivamente no, pero uno no los puede pasar”. Por ello y por su generosidad ejemplar, también será recordado pues acogía como pocos y les daba especial cariño a los muchachos que llegaban de provincia: “Sufrían mucho, adaptarse a la gente no era fácil; me daba cuenta de eso y hacía lo que debemos hacer todos los profesores: entenderlos y ayudarlos. Hace 40 años, no era fácil para un estudiante de Pasto o Popayán adaptarse a Bogotá”.

José Ignacio Rengifo ingresó como estudiante a la Universidad de los Andes en 1958, en la época en que se cursaban tres años en

Colombia y los dos últimos en Estados Unidos. “Terminé en la Universidad de New Mexico (Albuquerque). Me quedé haciendo una especialización hasta agosto de 1963, regresé al final de ese año y comencé a trabajar en Samel, una empresa de Álvaro Salgado Farías, muy vinculado a la Facultad de Ingeniería y quien fue rector de la Universidad, adonde me vinculé el 16 de enero de 1966. Siempre trabajé como profesor de tiempo parcial, aunque hubo semestres que di hasta cuatro materias, como si fuera tiempo completo. Lo hice así porque éticamente no me parecía conveniente tener una empresa y figurar como de tiempo completo”.

En su oficina trabajó en el área de las interventorías en proyectos como la primera etapa de la Ciudadela Colsubsidio, con el Banco Central Hipotecario, Bulevar Niza, una obra de 3200 apartamentos llamado Chiminagua en Cali donde tuvo oficina, o el edificio del Banco de la República en la capital del Valle.

En Los Andes, Pepe Rengifo hizo parte del grupo que ayudó a montar el Departamento y algunos de sus laboratorios, cimiento de lo que se constituyó como la carrera de Ingeniería Civil y Ambiental de hoy. En distintas épocas impartió clases de Resistencia de Mate-



▲ Pepe Rengifo con algunos exalumnos. Ingenieros graduados durante más de 40 años lo recuerdan con cariño.



▲ El ingeniero civil José Ignacio Rengifo con su esposa y sus tres hijos el día del homenaje que le rindieron en Aexandes.

riales, Estática, Plan Control, Vías, Construcción y Pavimentos, y durante 94 semestres continuos dictó Topografía. Y a pesar de que le gusta el reto intelectual, la posibilidad de mantenerse actualizado y la seguridad de que a la Universidad llega todo el conocimiento, lo que más aprecia de su paso por la alma máter es el contacto con la gente, profesores y alumnos.

Hace también 47 años se casó con Isabel Barreto y tuvo tres hijos hombres: "Creo que con ellos fui más permisivo que con mis estudiantes". El mayor y el menor se graduaron de arquitectos en Los Andes y el segundo es administrador de empresas de la Sergio Arboleda. Había comenzado a estudiar Ingeniería Civil en la Armada pero, curiosamente, cuando comenzó Topografía se retiró.

¿Cómo es el profesor ideal?

Es exigente, amigo de los estudiantes, colabora con ellos y, más allá de lo académico, piensa en los aspectos personales del alum-

no. Creo que eso nos falta hoy en día: muy contados profesores se fijan en el ser humano, no se preocupan de la formación de seres integrales. Hoy los muchachos llegan con muchos problemas. La carencia de familia es mucho más frecuente que hace 35 o 40 años y necesitan mucha ayuda.

¿Cómo es el estudiante ideal?

Sería una persona responsable, comprometida y colaboradora con sus compañeros. El problema aquí es que hay mucha competencia, mucha envidia, mucho individualismo.

¿Y el ingeniero ideal?

Una persona competente académica y técnicamente y que, además, piense en el beneficio de la comunidad, no solo en el propio. Yo nunca traté de ser exitoso, procuré ser una persona valiosa y eso me ha dado mucha satisfacción. ■

Dispositivo ocluser recibe certificado de patente

El tercer prototipo del invento patentado, entre otros, por el Grupo de Ingeniería Biomédica de Los Andes tiene más posibilidades de uso en humanos. Pronto comenzarán ensayos en pacientes.

54



◀ Con esta versión del dispositivo ocluser se realizarán los ensayos en pacientes.

A finales del 2012, Los Andes recibió el certificado en que consta que, junto con la Fundación Cardioinfantil, el ingeniero biomédico Juan Carlos Briceño, el cardiólogo pediatra Alberto García Torres y los ingenieros mecánicos Ricardo Moreno Meiseles y Andrés Felipe Aguirre Concha inventaron el globo de espiral para la oclusión del ductus arterioso persistente. La patente había sido solicitada en el 2003 y fue otorgada en el 2009.

El certificado es un paso más en el proceso de esta investigación encaminada hacia el desarrollo de prototipos de mayor eficacia en humanos y que serán ensayados en pacientes para luego buscar los permisos del Invima y comercializarlos.

Juan Carlos Briceño, director de Departamento de Ingeniería Biomédica, quien ha estado a la cabeza de esta investigación, explica que si bien la patente se otor-

gó al dispositivo para corregir el ductus arterioso persistente —una enfermedad congénita que sufren algunos recién nacidos a los que no se les cierra la comunicación entre la aorta y el sistema arterial pulmonar— desde el 2009 han trabajado en desarrollos con posibilidades de aplicación en un mayor número de pacientes,



▲ Juan Carlos Briceño, director del Departamento de Ingeniería Biomédica.

por ejemplo en los afectados por trauma vascular. “Las arterias que requieren oclusión se presentan con más frecuencia en adultos que en los niños afectados por el ductus —señala el profesor—. Es el caso, por ejemplo, de la hipertensión renal o el trauma vascular; estos dispositivos son muy eficaces para tratarlos. Esta demanda más alta haría viable y sostenible una empresa, ya que estamos involucrados también en la parte de innovación.

Aunque hay otros elementos indicados para ocluir venas y arterias, según el profesor Briceño la ventaja de este es que es producido en Colombia a bajo costo. También es apropiado para comunicaciones mayores de cinco milímetros, un diámetro que los dispositivos del mercado tienen problemas para ocluir. La empresa que se encargará de la fabricación es Biomaster, *spin off* que surgió de otras investigaciones del mismo Briceño y del equipo de Ingeniería Biomédica. La producción fuera de la Universidad es, además, uno de los requisitos para que el estudio en pacientes sea avalado por los comités éticos de la Universidad de los Andes y de un hospital con el que trabaja el radiólogo intervencionista Carlos Triana. El médico les vio un alto potencial para los pacientes con trauma arteriovenoso —ocasionado por ejemplo por herida de bala— pues el invento que recibió recientemente su certificado de patente es muy efectivo para detener la hemorragia. ■

Premio de la IEEE

Antonio García Rozo, profesor titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, fue distinguido como Ingeniero Eminente de la Región 9, Latinoamérica, por el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). En la foto lo acompañan exalumnos del Centro de Microelectrónica de la Universidad de los Andes (CMUA) que hoy son profesores del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. De izquierda a derecha: Johann Osmá, Lorena García, Antonio García, Mauricio Guerrero y Fredy Segura.



Graphical System Design Achievement Awards

Un proyecto colombiano para recrear modificaciones de la potencia recibió el *Graphical System Design Achievement Awards*, premio internacional que otorga la firma National Instruments. Este desarrollo pedagógico fue elaborado por un equipo del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica conformado por el profesor Gustavo Ramos, el estudiante de doctorado en Ingeniería Davis Montenegro, y el de maestría en Ingeniería Miguel Hernández. El trabajo, denominado *Creating a Real Time Simulator for Power Quality Signals*, ayuda a visualizar los cambios que se producen en la calidad de la potencia cuando hay un fenómeno perturbador.



◀ Profesor Gustavo Ramos

Premio a mejor artículo

Simulation and Fabrication of Wireless Passive MEMS Pressure Sensor fue el mejor artículo en la conferencia Comsol 2012. Los autores son los profesores Fredy Segura-Quijano, del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, y Fernando Ramírez, del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. El texto fue escrito con la colaboración del médico Alejandro Arciniegas y los estudiantes de la Maestría en Ingeniería Eléctrica y Electrónica Diego A. Sanz y Édgar A. Unigarro. Hace parte de un proyecto de Ramírez cuyo objetivo principal es desarrollar un dispositivo para medir la presión intraocular (IOP) basado en el comportamiento dinámico de la córnea.



▲ Fernando Ramírez

Estudiante experimenta en CMS

Diego Ballesteros, estudiante de Ingeniería Electrónica, fue seleccionado para trabajar en el experimento CMS (*Compact Muon Solenoid*) del CERN —de altas energías—, bajo la supervisión de Oliver Gutsche, encargado de la infraestructura computacional en Fermilab y CERN. Su principal misión es mantener funcional la producción automática de datos y aportar a la optimización del sistema.



▲ Diego Ballesteros

Imagine e Ingeniería Biomédica en el Congreso Colombiano de Radiología

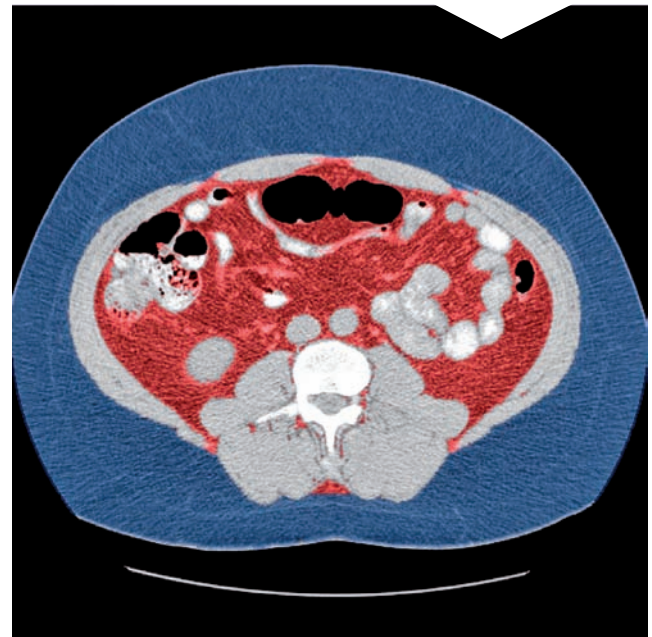
Tres trabajos del grupo Imagine se han presentado con éxito en diversos eventos —el Congreso Colombiano de Radiología, las Jornadas Francesas de Radiología y el Congreso de la *Radiological Society of North America*—: los proyectos CreaCoro, Caavat y uno para caracterizar las paredes arteriales.

CreaCoro es una aplicación de procesamiento de imágenes que permite detectar y cuantificar lesiones de las arterias coronarias para asistir el diagnóstico de enfermedades. Obtuvo el tercer puesto a mejor trabajo de investigación del Congreso Colombiano de Radiología efectuado en Cartagena en agosto pasado. Fue presentado por los grupos Imagine e Ingeniería Biomédica de la Universidad de los Andes con la participación del laboratorio Creatis de la Universidad de Lyon (Francia) y el Grupo Takina de la Universidad Javeriana.

Así mismo, en este encuentro se expuso la propuesta para aprovechar la altísima resolución de imagen que consigue el instrumento **Medipix2** (desarrollado en el laboratorio CERN) en la caracterización de las paredes arteriales. El trabajo contó con la participación del Grupo de Altas Energías de Los Andes y el Hospital San Ignacio, de la Javeriana, y fue escogido como el mejor cartel impreso.

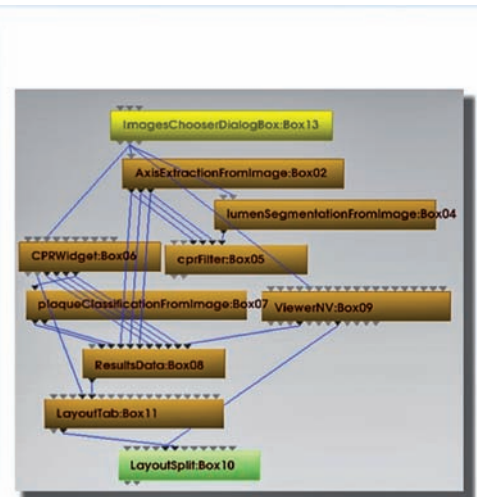
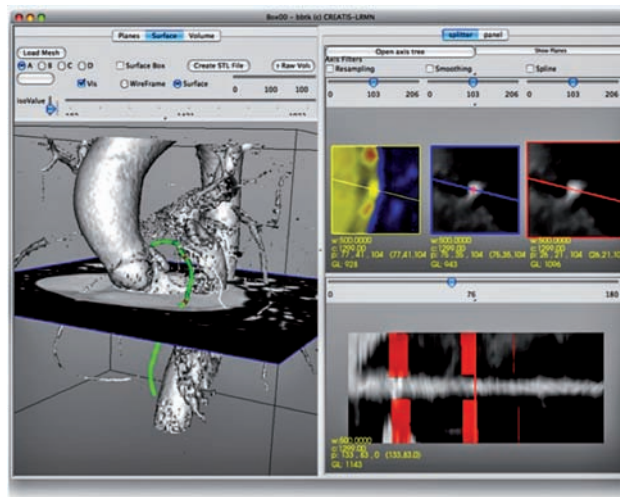
El tercer trabajo presentado por el grupo Imagine fue **Caavat**, una herramienta de software para la cuantificación de la grasa abdominal, con el cual se apoya el diagnóstico y estimación de la posibilidad de sufrir problemas cardiovasculares o enfermedades metabólicas, gracias a un algoritmo que permite diferenciar la grasa visceral de la subcutánea.

En su desarrollo participaron Los Andes, el Hôpital Cardio-Vasculaire et Pneumologique Louis Pradel, de Lyon (Francia) y el Hospital San Ignacio de la Universidad Javeriana. ■



▲ Segmentación y diferenciación del tejido adiposo abdominal utilizando Caavat (en azul: tejido adiposo subcutáneo, en rojo: tejido adiposo intravisceral).

► Interfaz gráfica de CreaCoro para el estudio de arterias coronarias (segmentación y detección de lesiones).



Ingenieros grado “Summa Cum Laude”

Cinco estudiantes de Ingeniería recibieron este grado en el primer semestre del 2013 y otros dos en el segundo semestre del 2012. Los destacados este año son:



Gustavo Nicolás Páez Salamanca, de Ingeniería Industrial (con opción en Conservación y Ciencias de la Biodiversidad y Economía (con opción en Matemáticas), carreras en las que obtuvo un promedio de 4,92. Proyecto de grado: “Causalidad predictiva: Una propuesta atemporal para definir relaciones causales entre variables”.



Jessica María Bohórquez Arévalo, de Ingeniería Civil (con opción en Gestión). Promedio 4,7. Proyecto de grado: “Uso de agentes reductores de arrastre en el bombeo de crudos pesados”.



Camila Andrea González Williamson, de Ingeniería Electrónica. Promedio 4,79. Proyecto de grado: “Confiabilidad y mantenimiento en sistemas reparables usando procesos no homogéneos de Poisson aplicado a un sistema de distribución”.



Lucas Buenahora Granados, de Ingeniería Industrial (con énfasis en Finanzas e Investigación de Operaciones). Promedio 4,72. Proyecto de grado: “Aproximación al futuro mercado de derivados utilizando la simulación discreta”.



Laura Vanessa Bermeo Rincón, de Ingeniería Industrial (con opción en Emprendimiento -Administración.) Promedio de 4,67. Proyecto de grado: “Manejo visual e informático de productos faltantes en la línea de producción - Airbus. Nantes (Francia)”.

Los destacados en el segundo semestre del 2012 fueron:

Diego Fernando Cifuentes Pardo, de Ingeniería Electrónica y Matemáticas. Promedio 4,90. Fue beneficiario de la beca Quiero Estudiar. Proyectos de grado: “Estudio teórico de la recuperación plástica en RF MEMS” (en Ingeniería) y “Complejos cúbicos CAT(0) y su monoide de Hopf” (en Matemáticas).



Nicolás Rodríguez Jeangros, de Ingeniería Química. Promedio 4,89. Proyecto de grado: “Study of Uranyl in Water using Molecular Dynamics Simulations”.

Reconocimiento a estudiante doctoral de la Facultad de Ingeniería

El pasado 28 de octubre en Seattle (Estados Unidos), **María Fernanda Cely** estudiante doctoral de la Facultad, recibió el tercer puesto en la competencia de *posters* estudiantiles en el último congreso organizado por la International Society of Expsoure Sciences.

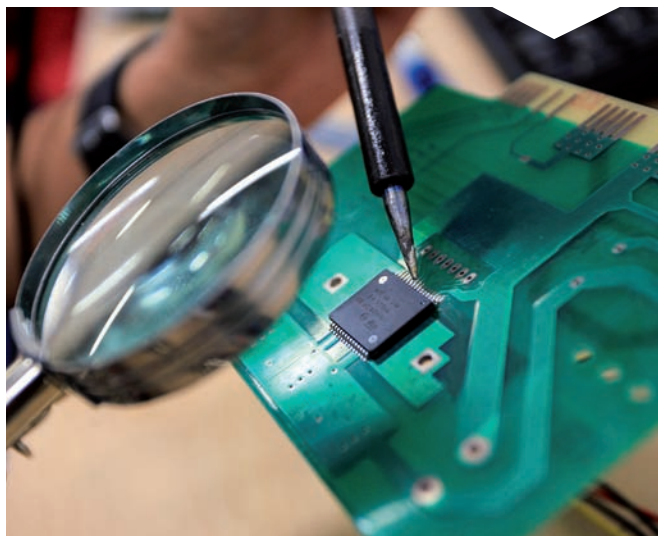


Los que vienen

Lanzamiento del robot Lunabot de Uniandes

El 17 de abril el equipo Robocol Uniandes, del Departamento de Ingeniería Mecánica, dio a conocer oficialmente el robot con el cual participará en la cuarta edición de *Lunabotics Mining Competition*. Este concurso organizado por la NASA tendrá lugar en mayo en Estados Unidos.

Contacto: Carlos Francisco Rodríguez (crodrigu@uniandes.edu.co), profesor asociado del Departamento de Ingeniería Mecánica; Jorge Mario Garzón Rey (jm.garzon131@uniandes.edu.co), estudiante de Maestría en Ingeniería Electrónica, y Johan Sebastián Macías Yepes (js.macias121@uniandes.edu.co), estudiante de Ingeniería Mecánica.



▲ El equipo Robocol desarrolla proyectos de investigación en robótica.

Los que pasaron

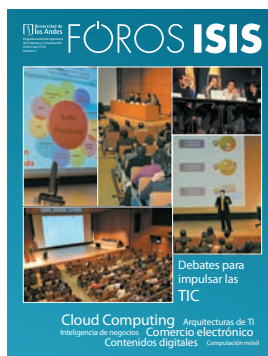
Nueva revista *Foros ISIS*

En octubre del 2012, el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación (DISC) lanzó la revista *Foros ISIS*, cuyo propósito es recoger los aportes de los participantes en esos encuentros en los que se tratan temas relacionados con el entorno cambiante y complejo de las Tecnologías de Información.

En esta publicación semestral se habla de computación en la nube, comercio electrónico, computación móvil, contenidos digitales, TI para Gobierno, inteligencia de negocios y arquitecturas de TI, temas que marcan el desarrollo del país y de sus habitantes.

Los Foros ISIS son una respuesta a lo que puede hacer la Universidad para ayudar a dilucidar la contribución de la academia, el Gobierno y los empresarios a la construcción del conocimiento a través de la experiencia de los participantes. En primera instancia se procura aportar ideas para que Colombia enfrente los retos de interconectividad. Pero, al mismo tiempo, se trata de darles un espacio para que a los fabricantes de software, las empresas consolidadas y los emprendedores cuenten sus experiencias. Los aportes, en últimas, se traducirán en soluciones efectivas y más transparentes para los ciudadanos. La revista *Foros ISIS* está disponible en

<http://forosisis.uniandes.edu.co/revista-foros-isis/>



Grupo de Ingeniería Química registra su primer software

El Grupo de Diseño de Productos y Procesos (GDPP) registró su software Simulador de Dispersiones de Gases (SiDiG), que incluye los modelos de SLAB y Britter & McQuaid, para estimar el área de afectación por fugas de gases o vapores más densos que el aire.

Nobel de Física en Los Andes

Douglas Osheroff, ganador del premio Nobel de Física en 1996, estuvo de visita en Colombia para dictar la charla *How Advances in Science are Made*, en el Coloquio Divulgativo de Física de la Universidad de los Andes. En la conferencia, que tuvo lugar



en septiembre pasado, habló sobre cómo la ciencia se aplica para ayudar a resolver los problemas complejos del mundo. El físico estadounidense fue galardonado por descubrir en 1971 la superfluidez del helio-3, un estado de la materia en el que puede moverse sin viscosidad. Es profesor de los departamentos de Física y de Física Aplicada de la Universidad de Stanford y hace parte de la junta de consultores de Scientist and Engineers of America, organización que promueve la ciencia en el Gobierno estadounidense.

PEPQA 2013 – Workshop on Power Electronics & Power Quality Applications

El 6 y el 7 de julio, el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica brindará asesorías tutoriales y hará sesiones especiales dirigidas por expertos para complementar el programa regular con temas relacionados con las aplicaciones industriales. Como invitados especiales estarán el comité ejecutivo internacional IAS (Industry Applications Society IEEE) y a Mauricio Aredes, profesor de la Universidad de Río de Janeiro (Brasil).

Contacto:

Gustavo Ramos Ph.D.

gramos@uniandes.edu.co

Informes: <http://www.pepqa.org/>

Seminario Internacional sobre Logística y Transporte de Carga

El Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental está organizando esta reunión para septiembre. El propósito es divulgar los resultados del proyecto "Potencial del transporte intermodal de carga en Colombia – rutas y productos estratégicos", presentar experiencias internacionales y discutir las políticas actuales sobre el tema.

Contacto:

ja.gomez@uniandes.edu.co

BRTs ¿qué sigue? (BRTs What's Next?)

Para compartir experiencias acerca de transporte y planeación del uso del suelo, explorar ideas para mejorar esa integración y proponer estrategias para incluir la protección ambiental como uno de los aspectos clave, el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental efectuará este encuentro el 10 y el 11 de julio.

Contacto:

Daniel Páez

dpaez@uniandes.edu.co;

Catalina Obando

c.obando85@uniandes.edu.co,

lut@uniandes.edu.co

Startup Criollo: proponiendo e innovando

Entre el viernes 2 y el domingo 4 de noviembre del 2012 se llevó a cabo el primer Startup Criollo, en el que más de 30 personas presentaron ideas de emprendimiento tecnológico y las desarrollaron en grupos interdisciplinarios durante 40 horas. Fue organizado por el Capítulo Estudiantil ACM del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, con el liderazgo del profesor Mario Sánchez Puccini. Participaron estudiantes de Ingeniería de Sistemas y Computación, Ingeniería Industrial, Diseño y Administración, quienes fueron apoyados por mentores.

Durante la apertura, René Rojas, gerente de HubBog, y Alex Torrenegra, cofundador de Voicebunny, Voice 123 y VivaReal, compartieron sus experiencias como emprendedores. Al final, los asistentes presentaron sus ideas a un jurado integrado por Francisco Rueda, profesor titular del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación; Jorge Quiroga, de Digital Marketing Strategist at Google, Google Web Analytics Guru & Entrepreneur at MET Partners, y Felipe Estrada, coordinador del Centro de Innovación y Emprendimiento de la Universidad de los Andes. La propuesta ganadora fue la del equipo Hangfish, al tiempo que los equipos Domkee y Chef – Connect obtuvieron mención de honor. ■

Más información: <http://acm.uniandes.edu.co/startupcriollo>

Contacto: acm@uniandes.edu.co



- ▲ Los ganadores del Startup Criollo concursaron con la propuesta de un sitio web llamado Hangfish. Ellos son Juan Sebastián Tejada (Sistemas y Computación), Remy Duque (Administración), Vladimir Vivas (diseñador), Victoria Vivas (Sicología), Wilson Guarín y José Striedinger, los dos de Sistemas y Computación.

Simulacro de ataques a infraestructuras críticas nacionales

Aunque Colombia lidera redes internacionales de seguridad, como el Grupo Latinoamericano de Delitos Tecnológicos, también es uno de los más afectados por los ataques cibernéticos. Un informe de la compañía de seguridad Kaspersky Lab indica que el país está en el grupo de alto riesgo con casi un 40 por ciento de las máquinas atacadas mientras están en línea.

Para reforzar las estrategias de seguridad, la Organización de Estados Americanos (OEA), el Ministerio de Defensa, el Grupo de Respuesta a Emergencias Cibernéticas de Colombia (ColCERT) y el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad de los Andes realizaron un simulacro de ataques cibernéticos a infraestructuras críticas. Este se llevó a cabo entre el 20 y el 21 de septiembre pasado.

El ejercicio se realizó en un ambiente controlado diseñado por la OEA, organización que trajo un laboratorio móvil a Colombia para realizar el primero de estos experimentos en las naciones que la integran. Simulacros similares se han efectuado en Argentina y México.

Beca Quiero Estudiar

El pasado 11 de diciembre la empresa Casa Limpia, encargada del aseo de la Universidad de los Andes, creó la beca Quiero Estudiar – Casa Limpia con el fin de beneficiar a un estudiante de escasos recursos económicos pero de excelencia académica que desee estudiar Ingeniería Industrial. Informes sobre el programa Quiero Estudiar: <http://www.uniandes.edu.co/institucional/apoyo-financiero/programa-quiero-estudiar>



Las inscripciones para la Maestría en Seguridad de la Información están abiertas hasta el 14 de mayo.

NOTICIA FACULTAD



▲ Yezid Donoso

El DISC ofrece nuevas maestrías

Con el fin de responder a las demandas del país de contar con ingenieros de sistemas y computación especializados en ramas específicas de la disciplina, el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación ofrecerá tres nuevos programas de maestría entre el segundo semestre del 2013 y el primer semestre del 2014: MESO (en Seguridad de la Información), MISO (en Ingeniería de Software) y MBIT (en Tecnologías de Información para el Negocio).



▲ Rubby Casallas

Además, el Consejo Superior de la Universidad aprobó un cuarto programa de maestría: MBC (en Biología Computacional), que aún está en proceso de aprobación por el Ministerio de Educación. Estos se suman a MATI (en Arquitecturas de TI) que comenzó en agosto del 2012 y MISIS (en Ingeniería de Sistemas y Computación) que tiene más de 15 años.



▲ Victor Manuel Toro

MESO es coordinada por el profesor Yezid Donoso, comenzará en el segundo semestre de este año y las inscripciones están abiertas hasta el 14 de mayo.

MISO es coordinada por la profesora Rubby Casallas e igual que MBIT (en cabeza del profesor Víctor Manuel Toro), empezará en el primer semestre del 2014. En la actualidad, el DISC cuenta, además, con cuatro especializaciones y un doctorado, iniciativas que pretenden consolidar al Departamento como una escuela de posgrados.

Tesis doctorales

A Critical Systems Perspective on How to Improve a Collaborative Learning Process

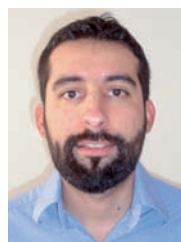
(Una perspectiva sistémica crítica sobre cómo mejorar un proceso de aprendizaje colaborativo)



Autor: Ricardo Abad Barros Castro
Director de tesis Uniandes: Luis Arturo Pinzón Salcedo
Codirector externo: Gerald Midgley, University of Hull, Inglaterra

La investigación tuvo como objetivo comprender cómo el Pensamiento Sistémico Crítico puede contribuir a mejorar un proceso de aprendizaje colaborativo soportado por el computador (CSCL, siglas en inglés) en la resolución de problemas matemáticos. El trabajo se apoyó en la perspectiva constructivista del aprendizaje con diversas dimensiones del proceso; en las teorías sobre el uso de la tecnología y sobre resolución de problemas matemáticos; en metodologías sistémicas como la Heurística Crítica de Sistemas y la Metodología Flexible de Sistemas. El objetivo se logró mediante el análisis con enfoque de intervención sistémica, lo cual permitió aprovechar el pluralismo metodológico y la teoría de la crítica de frontera para mejorar el proceso y superar los retos del CSCL. Los resultados también ayudaron a elaborar una propuesta para apoyar la intervención sistémica basada en el marco conceptual de Comunidades de Práctica.

Producción de hidrógeno a partir de la codigestión anaerobia de mucílago de café y estiércol de cerdo



Autor: Mario Andrés Hernández Pardo
Director de tesis Uniandes: Manuel Rodríguez
Codirector externo: Yves Andres

El proyecto de investigación planteó una alternativa para el uso de dos residuos generados en el ámbito nacional: mucílago de café y estiércol de cerdo. El trabajo se desarrolló a través de tres etapas: Uso del mucílago de café como nuevo sustrato para la producción de hidrógeno en codigestión anaerobia con estiércol de cerdo; estudio de los mecanismos y microorganismos involucrados en la producción de hidrógeno a lo largo del tiempo de retención; tratamiento del efluente proveniente de la primera etapa. Los resultados experimentales evidenciaron que las características de ambos sustratos son suficientes para obtener hidrógeno sin la adición de nutrientes externos. También se observó que el mucílago está en el grupo de residuos con mejores resultados para generar hidrógeno. Finalmente, el desarrollo de las tres etapas condujo al tratamiento de los residuos y la recuperación de energía a través del hidrógeno y el metano derivados.

Ecologies of War: Observing Modelling and Simulating Insurgent Warfare as a Complex Adaptive System

Autor: Juan Camilo Bohórquez Pinzón
Director de tesis Uniandes: Roberto Zarama
Codirector externo: Neil F. Johnson

La tesis explora la guerra insurgente contemporánea como un sistema complejo adaptativo. Se toma como base una ecología biológica para construir un modelo de esta guerra con el fin de reproducir sus patrones. El autor presenta un modelo computacional que reproduce esos patrones y muestra los retos para el entendimiento del fenómeno. También explora la metáfora de una ecología de guerra donde sugiere una ecología del cuidado como alternativa. ■



Perspectivas de la bioprospección bajo el marco de la Ingeniería Bioquímica colombiana y los biocombustibles

Desde los orígenes de la Ingeniería Bioquímica en nuestro país la Ingeniería Química colombiana ha tenido influencia fuerte, quizá en algunos aspectos no deseable debido a que es una escuela conservadora que fija su paradigma en las operaciones unitarias y los procesos basados en la cinética, la termodinámica y los fenómenos de transporte, dificultado así la incursión de procesos y herramientas basadas en biología molecular y bioinformática. Esto se hace evidente en el contexto de la biodiversidad colombiana, donde la bioprospección de enzimas y organismos constituye una base que puede valorizar y diferenciar tanto el rendimiento de los bioprocesos como las características de los bioproductos nacionales, especialmente en la producción de biocombustibles de segunda generación tales como el bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos. Estos necesitan celulasas con alta afinidad a los sustratos regionales y estar en la capacidad de resistir ambientes extremos.

Los esfuerzos en bioprospección se remontan a la Expedición Botánica donde José Celestino Mutis y su equipo realizaron un inventario y clasificación de veinte mil especies vegetales durante el virreinato de la Nueva Granada. Doscientos años después, en Colombia se hacen esfuerzos multidisciplinarios (desde las ciencias básicas hasta la ingeniería) concentrados en buscar organismos y moléculas de valor agregado. Se emplean métodos convencionales basados en aislamiento a partir de un muestreo en campo.

Hoy, gracias a los avances en tecnologías de secuenciación de ADN de bajo costo se pueden utilizar estrategias como la metagenómica y convertirlas en oportunidades invaluable para la ciencia en general y el mejoramiento en la obtención de biocombustibles en particular. Sin embargo, existen todavía muchos retos para que se logre una sinergia entre campos del conocimiento y una incorporación real de estas aproximaciones modernas a la ingeniería. Entre las barreras están el desconocimiento de las necesidades y fortalezas que ofrecen tanto las ciencias básicas como las aplicadas y la ingeniería y el uso de terminología y enfoques de trabajo diferentes.

Gracias a esfuerzos que integran capacidades e intereses hemos comenzado, sin embargo, a estrechar la brecha entre investigaciones en microbiología y biología molecular y la ingeniería. Como fruto de estas colaboraciones se abren nuevas posibilidades para identificar y analizar bioproductos, en un contexto afín con las necesidades del país. Solo con esfuerzos multidisciplinarios, basados en el intercambio de ideas, se construyen las fortalezas requeridas para integrar conocimiento e investigación básica para procesos productivos tan requeridos en nuestro país y en los cuales puede aportar cada vez más la ingeniería. ■



Andrés Fernando González Barrios

Profesor asociado.
Director Grupo de Diseño de Productos y Procesos (GDPP)
Departamento de Ingeniería Química.



María Mercedes Zambrano

Directora Científica
CorpoGen.
Investigadora principal del Centro de Bioinformática y Genómica de Ambientes Extremos (GeBiX).

Sala limpia

Proyectos: Cada uno de los profesores del comité del laboratorio enfoca las investigaciones con sus alumnos en una línea distinta, así:

Johann F. Osmá se centra en los biosensores y los microsistemas fluidicos y tiene, entre otros, los siguientes proyectos: con la Universidad Autónoma de Barcelona fabrican microrrespirómetros ambientales; con el Laboratorio Internacional de Nanotecnología (INL) y la Universidad de los Llanos adelantan un proyecto para la Gobernación del Meta cuyo fin es desarrollar biosensores para el monitoreo de alimentos, específicamente la calidad de filetes de pescado; con Industrias Wilches idearon una técnica de impermeabilización nanométrica de calzado de cuero y textiles (la capa de impermeabilización mide entre 40 y 60 nanómetros, lo que equivale al tamaño de un virus), que, además, está en proceso de creación de una empresa entre las partes; con la Gobernación de Cundinamarca trabajan en la transferencia de tecnología incubada en la Sala Limpia hacia las escuelas rurales para que los niños experimenten a bajo costo, en 3D y en tiempo real en biotecnología y nanotecnología.

Alba Ávila se enfoca en fabricación, modelamiento y caracterización de NEMs/MEMs y nanomateriales. Con el grupo de películas delgadas de la Universidad Javeriana está fabricando y caracterizando diodos emisores de luz basados en polímeros orgánicos. Investiga también las capacidades y retos de las técnicas de caracterización eléctrica basadas en microscopía de Fuerza Atómica (AFM) para determinar



localmente características de materiales porosos y nanocompuestos (nc), como distribución de carga, potencial superficial y localización de carga, permitividad y conductividad. Mapas locales de propiedades han sido generados y modelados en muestras rugosas: en películas nc, micro y nanofibras de dieléctricas y membranas con aplicaciones en sistemas de aire acondicionado, sensores, empaques y textiles. Con el Departamento de Ingeniería Química ha desarrollado protocolos para la manipulación y disposición de

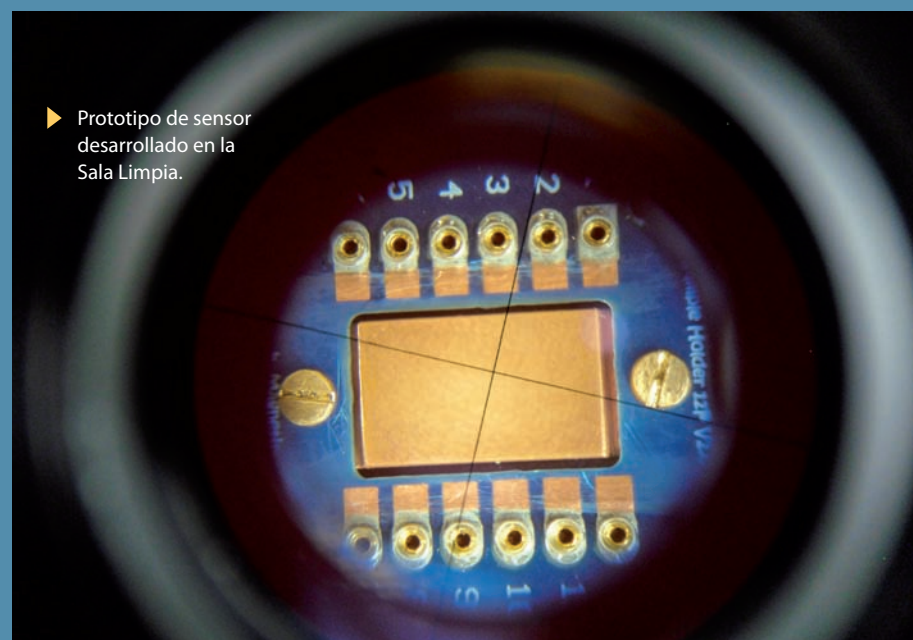
▲ Evaporación de capas nanométricas de oro sobre láminas de vidrio.

nanomateriales durante el ciclo de vida. Algunos de los proyectos se desarrollan en colaboración con grupos de las universidades de Cornell y Purdue.

Fredy E. Segura-Quijano se centra en sensores pasivos inductivos y tags RFID. Viene trabajando en el desarrollo de sensores tipo LC, los cuales operan por medio de telemetría inductiva y responden a cambios de la permitividad del elemento sensible. Actualmente en colaboración con el Departamento de Ingeniería Química investiga en el desarrollo de sensores para identificar bajos niveles de adulteración de alcohol y con el mismo principio y en conjunto con el Departamento de Ingeniería Civil, en un sensor de presión intraocular. También usa los recursos del laboratorio para desarrollar sensores tipo SAW (*Surface Acoustic Waves*) utilizando un sustrato novedoso en la Universidad como es el Niobato de Litio.

Así mismo, el laboratorio presta servicios a externos, como a la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador para la fabricación de un dispositivo, proyecto en el que Los Andes ofrece asesoría y revisión técnica.

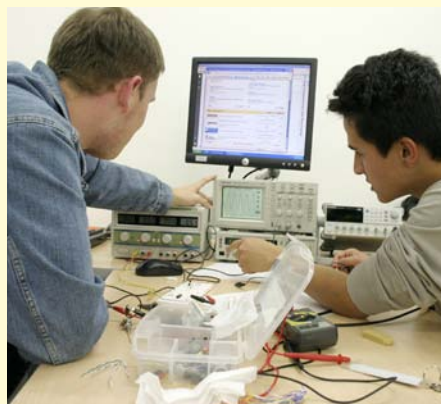
Más información:
<https://cmua.uniandes.edu.co>



► Prototipo de sensor desarrollado en la Sala Limpia.

Programas de Posgrado

Facultad de Ingeniería



Doctorado

Doctorado en Ingeniería

Programa acreditado por CNA
Registro SNIES: 16071

Maestría

Ingeniería Ambiental

Registro SNIES: 91235

Ingeniería Biomédica

Registro SNIES: 102021 Nuevo programa

Ingeniería Civil

Registro SNIES: 1578

Ingeniería Eléctrica

Registro SNIES: 1580

Ingeniería Electrónica y de Computadores

Registro SNIES: 5182

Ingeniería Industrial

Registro SNIES: 1581

Ingeniería Mecánica

Registro SNIES: 1582

Ingeniería Química

Registro SNIES: 91110

Ingeniería de Sistemas y Computación

Registro SNIES: 1579

Arquitecturas de Tecnologías de Información (MATI)

Registro SNIES: 101531

Seguridad de la Información

Registro SNIES: 102074 Nuevo programa

Ingeniería de Software

Registro SNIES: 102073 Nuevo programa

Tecnologías de Información para el Negocio

Registro SNIES: 102269 Nuevo programa

Mayor Información:

Teléfonos: (571) 3324327, 3324328, 3324329. Correo Electrónico: info.ingenieria@uniandes.edu.co <http://ingenieria.uniandes.edu.co>
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES – PERSONERÍA JURÍDICA: RESOLUCIÓN No. 28 DEL 23 DE FEBRERO DE 1949, MINISTERIO DE JUSTICIA