


CONTACTO

ISSN:2145-7077

Develan el misterio del conocimiento de los orfebres prehispánicos

- Elecciones locales 2015: ingeniería al servicio de la ciudad
- Acofi 2015
Entrevista con John Willian Branch
- ALTERNAR, proyecto pionero en energías alternativas
- Hablando con Julis: una voz para las personas con discapacidad



Nariguera de platino de la colección del Museo del Oro, 029338, perteneciente al estilo Tumaco-La Tolita.

Número

11

julio-diciembre 2015

Computación visual, una ayuda para los médicos

Dos laboratorios de Biomédica

El Grupo de Ingeniería Biomédica (GIB) cuenta con tres avanzados laboratorios para que sus investigadores, tanto profesores como estudiantes, lleven a cabo experimentos y adelanten tesis de pregrado, maestría y doctorado. En esta edición, CONTACTO reseña dos de ellos: el de Ingeniería de Tejidos y el de Dinámica Cardiovascular, cuyas funciones están estrechamente ligadas, pues muchas de las muestras

que se preparan en el primero se prueban en el segundo. De ellos han surgido soluciones como la utilización de membranas de colágeno para la regeneración de tejidos blandos a partir de la submucosa intestinal porcina, que se usa para reconstrucción maxilofacial, o la creación de Bloodox, un líquido sustituto de la sangre —hemosustituto— que ya se prueba en animales.

2

Laboratorio de Ingeniería de Tejidos

Qué es:

Un espacio donde se hace ingeniería de tejidos, en particular experimentos relacionados con la fabricación de andamios de crecimiento celular.

Nació con el propósito de desarrollar un hemosustituto, proyecto liderado desde hace veinte años por el ingeniero Juan Carlos Briceño, director del Departamento de Ingeniería Biomédica.

Para qué sirve:

Procesar el tejido biológico de forma estéril para la fabricación de los andamios de crecimiento celular, preparar emulsiones de perfluorocarbono y analizar y caracterizar las soluciones y emulsiones. Esto incluye aspectos como determinar el tamaño de una partícula, la presión coloido-osmótica, la osmolalidad y la viscosidad (análisis reológico) a diferentes temperaturas. Está dotado con equipos como los siguientes:

Microfluidizador: Permite reducir el tamaño de las partículas de las emulsiones hasta el punto de que no colapsen los capilares.

Medidor del potencial Z y del tamaño de partícula: Sirve para medir la estabilidad de la emulsión en el tiempo y el tamaño de la partícula, pues es necesario asegurar que las gotas de la emulsión mantengan el tamaño y no se aglomeren en el tiempo de tal forma que se puedan almacenar y sus propiedades no cambien.

Autoclave: Se utiliza para hacer ciclos de temperatura y presión que permiten esterilizar mediante vapor húmedo el instrumental quirúrgico, los textiles, los líquidos y cualquier otro tipo de material de laboratorio, eliminando así los microorganismos antes presentes.

Costo: 2.000 millones de pesos.

Proyectos:

Además de los avances en la fabricación de un hemosustituto, se llevan a cabo proyectos para reconstruir tejidos a partir de la submucosa intestinal del cerdo. Entre ellos están SIS-Plug y SIS-graft. De este último se están realizando pruebas en animales.



▲ Microfluidizador:

Se usa para el procesamiento de fluidos a alta presión.



▶ Autoclave:

Se utiliza para la esterilización de materiales.



◀ **Viscosímetro:** Se emplea para medir la viscosidad y algunos otros parámetros de flujo de un fluido.

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

Decano

Eduardo Behrentz Valencia

Vicedecano Académico

Carlos Francisco Rodríguez Herrera

Directores de Departamento

Biomédica

Juan Carlos Briceño Triana

Civil y Ambiental

Juan Francisco Correal Daza

Eléctrica y Electrónica

Néstor Peña Traslaviña

Industrial

Andrés Medaglia González

Mecánica

Jairo Arturo Escobar Gutiérrez

Química

Óscar Álvarez Solano

Sistemas y Computación

Harold Enrique Castro Barrera

Coordinadora de Comunicaciones Estratégicas

Catherine Juvinao Clavijo

Gestora de Comunicaciones

Mónica María Meléndez

Edición y redacción de textos

Ana Lucía Duque Salazar,
Marta Lucía Moreno Carreño
y Clemencia Arango Restrepo

Concepto gráfico y diagramación

Enrique Franco Mendoza

Retoque digital

Gabriel Daza Larrota

Fotos

Andrés Felipe Valenzuela, Alejandro Gómez Niño y archivo Oficina de Comunicaciones y Marca de Uniandes

Producción e impresión

OP Gráficas

- 2** **Fotolab**
Laboratorio de Ingeniería de Tejidos
- 4** **Editorial**
Sigue la deuda con la investigación y el desarrollo
- 5** **Arqueometalurgia**
Develan el misterio del conocimiento de los orfebres prehispánicos
- 13** **Entrevista**
"Solo un acuerdo de largo plazo sacará adelante a Bogotá":
Eduardo Behrentz
- 18** **Especial grupo de investigación Imagine**
Computación visual al servicio de la medicina
- 20** **Braviz, novedosa herramienta interactiva para explorar el cerebro**
- 22** **El desafío de cuantificar la aireación pulmonar**
- 24** **Diseñan buscador para diagnosticar enfermedades neurodegenerativas**
- 26** **Cómo segmentar y cuantificar el tejido adiposo abdominal**
- 28** **Análisis**
Los beneficios inciertos de las obras en el río Magdalena
- 30** **Energía**
ALTERNAR, proyecto pionero en energías alternativas en el país
- 33** **Destacado**
Antonio García, el ingeniero humanista
- 35** **Mujeres ingenieras**
Yolanda Auza, de la ingeniería de sistemas a los libros
- 37** **Apps**
Hablando con Julis, una voz para las personas con discapacidad
- 40** **Domicilios para llevar comida a la U**



Foto Javier Guio, gestor de comunicaciones del Departamento de Ingeniería Mecánica

- 41** **Ontrack School, un ojo amigo para el transporte escolar**
- 43** **Proyectos en curso**
Tres investigaciones relevantes para Colombia
- 46** **Estudiantes**
Robocol: del espacio a suelo colombiano
- 48** **El Ingenioso, un periódico para comunicar a los futuros ingenieros**
- 49** **Estudiantes innovadores**
Soluciones biosostenibles para procedimientos quirúrgicos
- 50** **Entrevista con el director de ACOFI**
El ingeniero siglo XXI: sólida formación, ético y responsable
- 52** **Egresados**
Unidos como cuando bailaban *rock and roll*
- 54** **Eventos, nombramientos, reconocimientos y tesis**
- 61** **Grupos de investigación**
La Facultad investiga para un mejor país
- 62** **Columna**
Arqueometalurgia: construyendo conocimiento
- 63** **Fotolab**
Laboratorio de Dinámica Cardiovascular



Sigue la deuda con la investigación y el desarrollo



4

El Gobierno Nacional nos tiene tan acostumbrados a un bajo gasto en investigación y desarrollo tecnológico que dicha situación ha dejado de ser noticia y por la fuerza del hábito ya no nos sorprendemos ni impactamos por esta realidad. Al comparar la capacidad de operación e inversión de la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos (NSF por sus siglas en inglés), cerca de 7.500 millones de dólares al año, con el presupuesto de nuestro Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), se encuentra una diferencia de unas 40 veces a favor de la entidad norteamericana. Esta desproporción es aún más dramática si se tiene en cuenta que la NSF financia tan solo una quinta parte de toda la investigación que se realiza en los Estados Unidos y que menos del 15 % del presupuesto de Colciencias se destina efectivamente al rubro de apoyo financiero para la ciencia y la tecnología.

Para la comparación en referencia estamos excluyendo los dineros asociados con las mal llamadas regalías de ciencia, tecnología e innovación, las cuales, salvo notables excepciones, se han utilizado para todo menos para los propósitos que su nombre sugiere. Para que el análisis sea justo, debemos tener presente que la economía colombiana, en términos de su producto interno bruto per cápita, es unas 4 veces más pequeña que su par norteamericano. Esto significa que, controlando por el tamaño de la economía, y considerando los dineros públicos destinados a financiación de proyectos, nuestras cifras de inversión en investigación son menos del 5 % de lo que deberían ser, según el es-

tándar observado en países con economías industrializadas. Esto a su vez explica las diferencias dramáticas y patéticas en resultados de innovación y desarrollo. Por ejemplo, mientras que en Estados Unidos las patentes registradas se cuentan en centenares de miles al año, nosotros las contamos en decenas al año. ¡Cuatro órdenes de magnitud de diferencia!

Estos guarismos muestran la importancia del actual debate acerca de la financiación de la investigación en Colombia y son evidencia de que dicho debate debe ir mucho más lejos que discutir los cambios en los recursos asignados a Colciencias. La discusión no puede ser acerca de subir dicho presupuesto en 5, 10 o 15 %. Incluso en el contexto de disminución de la renta petrolera, el planteamiento debe ser mucho más ambicioso. Colombia requiere de una política seria de financiación de la investigación que reconozca el carácter estratégico y esencial de estas inversiones y en donde haya una institucionalidad que las pueda defender, gestionar y administrar.

Es tiempo entonces de que el Gobierno Nacional entienda y reconozca que a través de la verdadera promoción de la ciencia y la innovación se pueden potenciar y armonizar sus propios propósitos de lograr educación de mejor calidad y de promover la actividad industrial del país.

Aquí la receta está inventada, la conocemos desde hace tiempo y somos testigos de la forma en que ha funcionado en otras latitudes: la inversión eficiente en ciencia y tecnología debe ser uno de los pilares para lograr el anhelado objetivo de convertirnos en una sociedad desarrollada. ■

Eduardo Behrentz

[@behrentz](#)

Decano

Develan el misterio del conocimiento de los orfebres prehispánicos



◀ Detalle de la decoración de la orejera bicolor 022765 de la colección del Museo del Oro. Fotografía tomada en el Laboratorio de Microscopía del Departamento de Ingeniería Mecánica empleando el estereomicroscopio.

La cosmovisión trascendente de los pueblos prehispánicos motivó el desarrollo de sofisticadas técnicas en metalurgia que les permitieron manipular los materiales y alcanzar colores como los de la Luna o el Sol. Ahora se sabe que nuestros ancestros fueron muy hábiles en la selección de las materias primas para sus trabajos y en el manejo de aleaciones en oro, platino y cobre, así como en el dominio de la pirotecnología, de diversos procesos de manufactura y en el acabado sofisticado de numerosas piezas. Recientes investigaciones de la Facultad de Ingeniería abren un camino para el esclarecimiento de estos procesos y revista CONTACTO expone los principales aportes de la línea de Arqueometalurgia del Departamento de Ingeniería Mecánica.

En los siglos XVIII y XIX existió un marcado interés por coleccionar objetos antiguos, arqueológicos, o simplemente curiosos. Nobles, patriarcas o viajeros solían exhibir en sus estantes antigüedades y piezas provenientes de culturas milenarias o prehispánicas, lo cual les daba un barniz de estatus y poder económico.

Algunas de esas colecciones fueron semillas de museos en Europa y América. Los objetos arqueológicos comenzaron a interesar a los investigadores desde una perspectiva química, pues se pretendía conocer a través de dichos análisis los materiales y su composición.

Este episodio de coleccionismo se registra como el antecedente de la disciplina que hoy por hoy estudia los metales prehispánicos: la Arqueometalurgia. Esta fue impulsada también por un sentimiento nacionalista que emergió a comienzos del siglo XX —en Colombia y América Latina— y protagonizado en arte por el Muralismo Mexicano, que exploraba temáticas indígenas y defendía la identidad americana y que se propagó por la región dando origen a diversos movimientos. En el caso colombiano, a Bachué.

A ese reconocimiento de lo prehispánico se suma, además, el auge internacional de disciplinas como la Etnografía y la Arqueología. Varios investigadores comenzaron a examinar las piezas deseosos de conocer esas culturas, sus costumbres y sus tecnologías, principalmente en lo relacionado con orfebrería. En consecuencia, se valoran los diseños y la belleza de los trabajos precolombinos con intención de darlos a conocer al mundo. Es entonces cuando el Banco de la República compra el Poporo (a doña Magdalena Amador en Bogotá) y procede a crear la colección que inicialmente se encontraba en la sala de la gerencia de la entidad y que posteriormente daría origen al Museo del Oro.

En Colombia, los metales preciosos fueron la materia prima de la metalurgia prehispánica, lo que por siglos motivó un sinnúmero de saqueos a tumbas con el objeto de apropiarse de narigueras, tunjos, pectorales y otras piezas de oro. Dichas joyas fueron luego fundidas en lingotes, lo que derivó en una pérdida incalculable de contexto arqueológico asociado a los objetos elaborados por las sociedades antiguas.

A hoy, la orfebrería precolombina se ha conocido a través de una colección de cerca de 40.000 piezas, en su mayoría exhibidas y almacenadas en el Museo del Oro de Bogotá y en otras seis ciudades de Colombia; en el Museo Nacional, en el Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH) y en cerca de 31 museos alrededor del mundo. Tradicionalmente se estudia la cultura a la que pertenecen, se datan y se describe su uso dentro de sus costumbres, ritos o creencias.

Desde mediados del siglo XX los investigadores empezaron a analizar aspectos más tecnológicos que estéticos y formales. Así, los primeros investigadores extranjeros comenzaron a abrir un camino de conocimiento que llevó al diseño de metodologías especializadas para el estudio de las piezas.

Arqueometalurgia en Uniandes

Los Andes es la primera universidad de Colombia que se concentra en esta área de investigación desde la Ingeniería. El propósito es analizar las piezas sin ajustarse a un modelo tradicional de estudio fundamentalmente químico, sino a través de la experiencia en la ciencia de ingeniería de materiales que desarrolla en la Facultad el profesor Jairo Escobar, líder del proyecto y director del Departamento de Ingeniería Mecánica. Bajo su liderazgo, el equipo de investigación viene trabajando en consolidar métodos que han permitido avanzar en el conocimiento de la metalurgia precolombina.

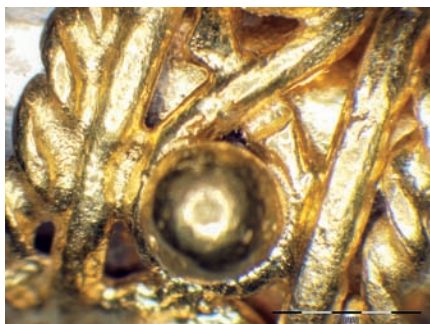
El objetivo de analizar las piezas a través de diferentes evidencias es plantear una reconstrucción social de las actividades tecnológicas, teniendo en cuenta que estas se encuentran mediadas por sensaciones, significados, representaciones de sus artífices y de las sociedades para quienes las hicieron y usaron. “Un objeto es un texto que hay que leer de alguna manera y eso es complejo. Nosotros lo hacemos a través de la Ingeniería de los Materiales”, explica Escobar.

Hallazgos sobre el uso del platino

Aunque la gran mayoría de la orfebrería precolombina es dorada, las investigaciones evidencian que nuestros antepasados hicieron un uso magistral del platino, un metal muy particular y escaso que fueron capaces de procesar hace más de dos mil años y con el que efectuaron un trabajo admirable y sistemático.

El Grupo de Arqueometalurgia

Jairo Escobar Gutiérrez lidera distintos proyectos en Arqueometalurgia desde que regresó al país y se vinculó como profesor de la Facultad de Ingeniería en Los Andes. En el grupo participa la química Nohora Bustamante, quien ha sido un enlace entre Ingeniería y Ciencias Sociales en la Universidad. Ella trabajó en el Departamento Técnico Industrial en el Banco de la República, hizo una maestría en Antropología y cursa el doctorado en Ingeniería en Uniandes. Del equipo también hacen parte el profesor Andrés Burbano del Departamento de Diseño; Diego Gómez, magíster en Ingeniería Mecánica y Juan David Barbosa, ingeniero mecánico. Actualmente hay dos estudiantes de maestría en Ingeniería y cinco de pregrado trabajando en proyectos. Dependiendo de las temáticas que vayan a tratar, intervienen en el grupo arqueólogos, diseñadores, matemáticos, físicos y antropólogos. Con esto se busca que al analizar una pieza se encuentre la mayor cantidad de información a través de distintas disciplinas.



▲ Orejera de la colección del Museo del Oro (022765) perteneciente al estilo Tumaco-La Tolita. Detalle obtenido por el estereomicroscopio ubicado en el Laboratorio de Microscopía óptica del Departamento de Ingeniería Mecánica.

▶ Juan David Barbosa, ingeniero mecánico y miembro del grupo de investigación en arqueometalurgia observa y registra detalles superficiales de la pieza.



Nohora Bustamante, quien adelanta un doctorado en Ingeniería en la temática, asumió el reto de investigar este metal trabajado en Colombia por la cultura Tumaco y por La Tolita en Ecuador, únicamente entre el 600 a. C y el 500 d. C. “Es curioso que después del año 600 d. C. esta metalurgia desaparece y no vuelve a aparecer”, explica la investigadora.

El área que habitaron estas sociedades va desde Buenaventura hasta Atacames. Dado que el platino es un metal muy duro de trabajar y que no podían fundir, como el oro, los conquistadores españoles lo desecharon al llegar a América, y no fue sino a finales de 1850 que en Inglaterra y Alemania se desarrollaron técnicas para fabricar objetos con este metal. Uno de los logros del grupo de Los Andes es haber recolectado evidencias factuales de que miles de años antes, los orfebres de la cultura Tumaco habían desarrollado saberes que les permitieron dominar el desafiante platino.

Por ejemplo: mientras a partir del siglo XVII los europeos trabajaban el platino puro (lo obtenían mediante un proceso de refinación con sustancias químicas), los orfebres prehispánicos, dos milenios antes, lo trabajaron en bruto tal y como lo encontraban en la naturaleza, es decir, como una aleación natural de platino con hierro en distintas proporciones. Dado que el platino tiene un punto de fusión arriba de 1.760°C, las investigaciones sugieren que este no se pudo haber fundido y que en su lugar, los prehispánicos emplearon varias técnicas de sinterización.

La sinterización es un proceso en que los polvos del metal se mezclan mientras se le da la forma a la pieza compactándola, se genera una geometría y luego se eleva la temperatura para darle resistencia. Explica Escobar que los investigadores han observado estos procesos a nivel micro y nano y que gracias a eso cuentan con un soporte científico. Sin embargo, afirma el profesor, la gran pregunta para el equipo de ingenieros es: ¿Cómo desarrollaron los prehispánicos esta sinterización?

Tal parece que los orfebres sabían combinar muy bien el platino con otros metales, lo que les ayudaba a procesarlo. “No solo controlaban el oro o la plata, sino una metalurgia que coloca todos esos dominios en función de obtener el platino —explica Escobar—. Y lo desarrollaron porque su simbología era tan grande que hizo que la tecnología se pusiera en función de ella: iban detrás del color. Por ejemplo hay narigueras con forma de luna que a la vez son plateadas”.

Y agrega: “Me parece genial, porque eso evidencia una vez más que en nuestro territorio la cosmovisión era lo que movía la tecnología, mientras en Europa, por ejemplo, era la guerra. Eso habla de la sociedad que creó estas piezas”.

Antes de las investigaciones realizadas en la Facultad, para los antropólogos y otros estudiosos decir ‘sinterización’ era suficiente. Sin embargo, relata Escobar, cuando se les cuenta que para lograrla tenían que manejar el calor y subir la temperatura quizás no

a 1.700°C, pero sí a 1.100 o 1.050°C, todos se preguntan: ¿cómo operaban el calor para poder llevar un objeto a esa temperatura y mantenerlo así por tiempos prolongados? Además, ¿cómo hacían para evitar que el hierro contenido en el platino se oxidara e impidiera la sinterización? ¿Usaban hornos? ¿Cómo eran? ¿Dónde están?

Los investigadores de Los Andes han entrado en contacto con antropólogos y arqueólogos en esa búsqueda. Recientemente, en unos restos encontrados en la zona de Nueva Esperanza al lado del Salto de Tequendama, lo que antes no se hubiera reconocido en las excavaciones como vestigios de un fragmento de pared o rastros de escoria con pedacitos de metal de un horno, con la mirada del ingeniero empezó a identificarse como tal. Gracias al diálogo interdisciplinario se han podido atar cabos para reconocer nuevas piezas de este tipo en distintos lugares.

“Además del conocimiento de los geólogos, antropólogos y arqueólogos, el ingeniero tiene una visión de estructura de ingeniería tecnológica para lo cual ha sido formado. Este es un aporte más al trabajo mancomunado”, puntualiza Jairo Escobar.

El oro y la tumbaga

Los prehispánicos generalmente trabajaron lo que se conoce como “tumbaga”, una aleación de oro que incluye plata y cobre. Solo en algunas regiones cercanas a yacimientos muy ricos en oro se hicieron piezas exclusivamente compuestas por este metal. La leyenda El Dorado, por ejemplo, fue construida con base en información sobre rituales que, se creía, giraban alrededor de

ofrendas en oro puro y de hecho así se ha enseñado por generaciones en las escuelas. Hoy se sabe que las piezas utilizadas por nuestros ancestros no eran tan “doradas”.

La intencionalidad simbólica detrás del color fue lo que seguramente motivó a los orfebres precolombinos a experimentar y adquirir un dominio técnico. El oro se mezclaba con cobre y, dependiendo de las proporciones, se modificaba su color. Si este se veía muy rojo, con calor y tratamientos químicos o mecánicos retiraban el cobre de la superficie dejando la pieza con la apariencia dorada, pero en su interior permanecía la aleación de tumbaga.

Aunque las investigaciones de Los Andes reafirmaron lo que ya algunos cronistas sugerían sobre esto, “hemos entendido la fenomenología, qué es lo que ocurre durante el proceso a nivel atómico o de microestructura y eso nos ha permitido empezar a establecer las temperaturas, los principios de tratamiento, los tiempos en los que lo hicieron y las materias primas que usaban”, explica el ingeniero Escobar.

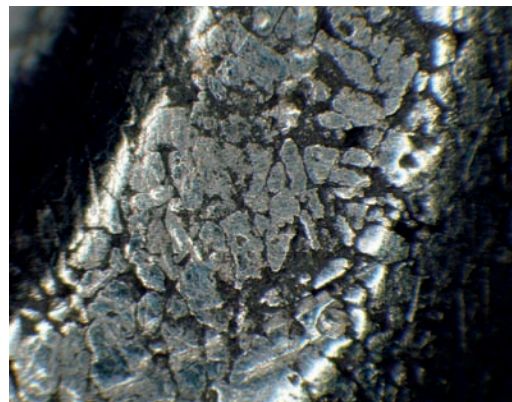
La investigación confirma que las piezas de platino fueron sinterizadas y que hay algunas doradas por procesos por oxidación, pero también que existió un método técnico que requiere gran precisión: un tiempo específico a una temperatura determinada y una combinación de materias primas, atmósferas y condiciones de operación especiales. Para eso, en los hornos prehispánicos se debió controlar la presencia y ausencia de oxígeno en momentos definidos, lo que indica un nivel de conocimiento mucho más sofisticado del que se creía que tenían.



▼ Análisis por espectrometría de fluorescencia de rayos X de la nariguera 029338 perteneciente a la colección del Museo del Oro. La fotografía muestra el montaje realizado para este análisis.



- ▲ El Profesor Jairo Escobar Gutiérrez, líder del grupo de Arqueometalurgia, y la estudiante doctoral Nohora Bustamante, emplean el microscopio óptico para preparar la observación de una de las piezas, en el Laboratorio de Microscopía Óptica del Departamento de Ingeniería Mecánica.



- ▲ Detalle de aspecto superficial de la nariguera 029338 perteneciente a la colección del Museo del Oro.

La técnica de pulido

Se conocen piezas que despiertan especial interés porque son bicolor: de un lado doradas y del otro, plateadas. Inicialmente, se creía que estaban conformadas por metales diferentes que habían sido unidos o ensamblados. Hace pocos meses, el profesor Escobar y su grupo de investigación examinaron con diversos equipos una de estas piezas y notaron que era una sola; no había unión de metales.

Esta observación y posteriores análisis permitieron establecer que los orfebres dominaban refinadas técnicas de pulido: tomaban el objeto compuesto de oro y platino y a la mitad le quitaban las partículas del oro para que la superficie quedara de los dos tonos.

Ese cambio del color en una pieza previamente fundida o sinterizada con esa aleación requiere un desarrollo técnico complejo. Para el caso de los dorados a base de tumbaga, elevaban la temperatura con el fin de que se formara un óxido de cobre que luego retiraban delicadamente 'sin el oro'. Para el caso del platino-oro, los científicos descubrieron que para pulirlo usaban materiales muy finos que no dejaban marcas, logrando así retirar el oro.

El manejo de la temperatura, del calor, el conocimiento de lo que le sucede al metal al calentarlo, al soplarlo, al generarle o quitarle oxígeno con carbón es un saber que hoy se estudia como algo cotidiano en ingeniería. Sin embargo, para Nohora Bustamante, las investigaciones sugieren que para que nuestros prehispanicos obtuvieran tales saberes debieron trabajar en desarrollos sistemáticos durante muchos siglos.

La asombrosa reconstrucción de la balsa de Siecha

La gaaquería —práctica que lleva más de 400 años en nuestro país— se ha llevado muchas piezas consigo, dejándolas completamente descontextualizadas. Por esta razón, los estudios de arqueomateriales se vuelven importantes a la hora de abordar cuestiones históricas, especialmente en el área de tecnologías.

El reto de estos estudios consiste en sacar buen provecho de la mayor cantidad de información que se pueda obtener sin dañar la pieza. Ahora bien, para el proyecto de investigación "Análisis del vaciado de fundición de la Balsa de Siecha", de Natalia Rueda, el trabajo era particularmente retador: el artefacto no existía. Dicha balsa se encontró en el siglo XIX y poco después se envió a Alemania, donde se perdió en un incendio.

De la balsa solo quedaron registros fotográficos —que se guardan en el Museo Nacional— y un informe hecho por Liborio Zerda a la Universidad Nacional, a partir de los cuales se obtuvo información suficiente para reconstruirla digitalmente. Se midió el comportamiento de la aleación reportada bajo condiciones térmicas específicas y se simuló sobre su geometría. Seguidamente, se dedujeron las condiciones bajo las cuales era posible generar un vaciado de fundición sin defectos.

Una luz al pasado

La ingeniería desarrolla trabajos que enriquecen distintas disciplinas actuales y ciencias futuras que impulsan el bienestar

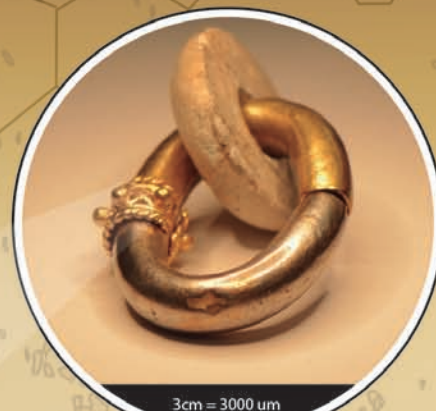
¿CÓMO REDESCUBRIMOS NUESTRO PATRIMONIO A TRAVÉS DE LA INGENIERÍA?

1

A partir de los objetos arqueológicos los investigadores determinan una pregunta o problema de investigación cuya respuesta permita conocer más de nuestros antepasados.

2

Dependiendo de la pregunta por resolver se identifican las características estructurales⁽¹⁾, la escala a la que se deben estudiar y los protocolos por implementar.



Macro: Geometría

(1) CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES POR ESCALA



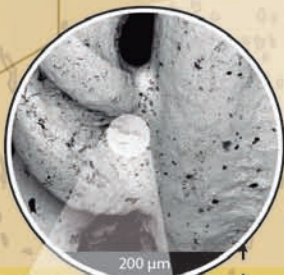
Acabado

3

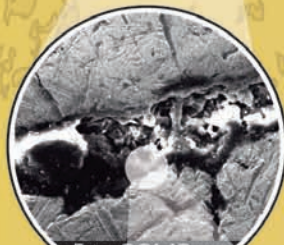
Se realizan mediciones experimentales usando los equipos de los laboratorios. A través de herramientas analíticas⁽¹⁾ propias de la ingeniería, se analizan los resultados obtenidos.

⁽¹⁾Estas herramientas pueden ser simulaciones, modelos matemáticos, gráficas, diagramas, etc.

Los equipos de medición son usados dependiendo de la escala de la característica estructural a estudiar.

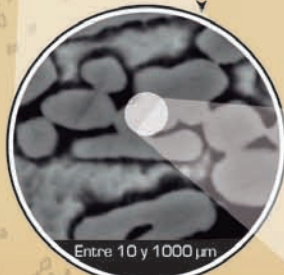
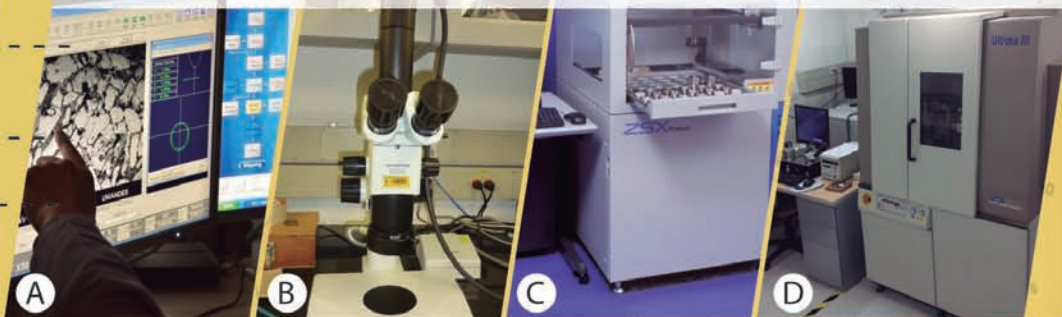


Uniones

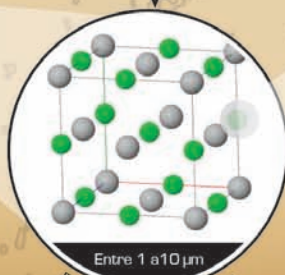


Rugosidad

*El grupo de arqueometalurgia ha desarrollado 18 protocolos distintos para el estudio de estas piezas.



Fases y granos



Estructuras cristalinas



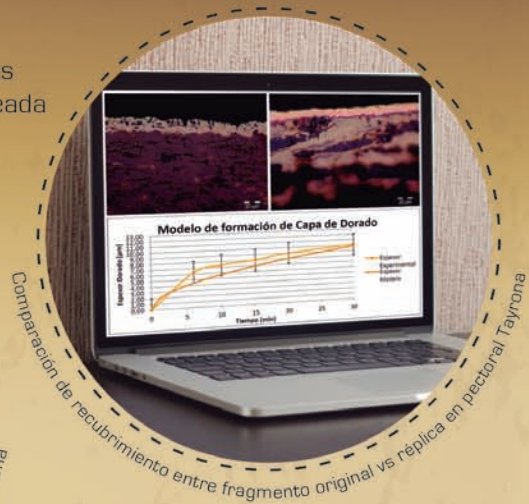
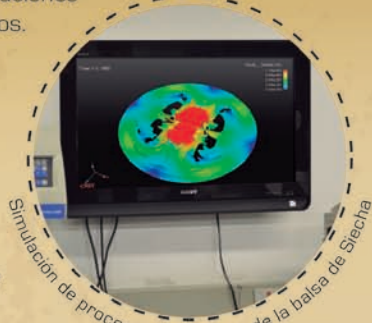
Composición elemental

ESCALA MICRA (μM)
 $1 \mu\text{m} = 10^{-3} \text{ mm}$

4

Con base en los resultados obtenidos, los investigadores proponen una hipótesis alrededor de la pregunta planteada y un plan de validación^(III) que permita comprobarla.

^(III) La validación se hace a través de pruebas de experimentación, simulaciones y modelamientos numéricos.



“ El know how de la ingeniería consiste en el aporte de evidencias científicas y tecnológicas a la reconstrucción de nuestro pasado. ”

5

Se generan vínculos con diferentes disciplinas^(IV) a través de distintos eventos y encuentros bajo la idea de hacer una reconstrucción tecnológica que revele aspectos más allá de la ingeniería de nuestras culturas prehispánicas y así entender y aprender de su conocimiento.

^(IV) Historiadores, arqueólogos, diseñadores, antropólogos, ecólogos, etc.

- ▶ INTERNATIONAL MATERIALS RESEARCH CONGRESS 2015
- ▶ 21ST ANNUAL MEETING OF THE EUROPEAN ASSOCIATION OF ARCHAEOLOGISTS GLASGOW 2015
- ▶ ARCHAEOMETALLURGY IN EUROPE IV 2015
- ▶ 5TH LATIN-AMERICAN SYMPOSIUM ON PHYSICAL AND CHEMICAL METHODS IN ACHAEOLGY, ART AND CULTURAL HERITAGE CONSERVATION



NOMBRES DE EQUIPOS

- A Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)
 - B Estereoscopio óptico
 - C Fluorescencia de rayos X (FRX) - - - - -
 - D Difracción de rayos X (DRX) - - - - -
- Los equipos FRX y DRX caracterizan el material a escalas nanométricas y atómicas.

Infografía Javier Guio, gestor de comunicaciones del Departamento de Ingeniería Mecánica



▲ Orejera bicolor O22765 de la colección del Museo del Oro perteneciente al estilo Tumaco-La Tolita



▼ Microscopio óptico ubicado en el Laboratorio de Microscopía del Departamento de Ingeniería Mecánica.

Metodología

El aporte de Los Andes es novedoso desde el punto de vista metodológico y científico. Este ha servido para establecer qué hizo el orfebre, cómo lo hizo y para obtener datos de manufactura propios del proceso como temperaturas, atmósferas, velocidades de enfriamiento, tiempos de oxidación, niveles de deformación, tipos de acabado y viabilidad de proceso.

La metodología empleada, por lo general, es la Ingeniería Inversa, que se suma a otras herramientas de la ciencia y la Ingeniería de los Materiales, como son el estudio de las jerarquías estructurales. Esto significa que se identifican las estructuras que tiene el material a diversas escalas que van desde lo macro hasta lo nanométrico.

La identificación de la característica es posible con instrumentos apropiados a la escala que se va a observar por lo que, por ejemplo, para la determinación de las jerarquías nanoscópicas se utilizan equipos especializados como espectrómetros de fluorescencia de rayos X, Difracción de rayos X y microsonda electrónica acoplada al microscopio electrónico, que identifican los átomos y muestran cómo se organizan.

El grupo de Uniandes se ha propuesto replicar en sus laboratorios cómo en las sociedades prehispánicas trabajaron esas piezas en oro, plata, cobre y platino. Con este estudio se ha demostrado que ellos manejaban un alto nivel de complejidad y especialización y que lo que hacían obedecía al afán consciente de experimentación.

de la humanidad. Pero es además una significativa opción para estudiar el pasado a través del pensamiento estructurado y de técnicas rigurosas.

En conjunto con la Antropología, la Economía y otras disciplinas que explican las sociedades prehispánicas, sus estructuras y relaciones sociales, la Ingeniería suministra información novedosa para la reconstrucción de esas culturas, de manera que podamos entender más profundamente cómo veían y vivían el mundo. A la postre, esto nos ayuda a recomponer nuestra historia y a entendernos a nosotros mismos.

“Nuestra ingeniería nació, crece y va hacia el futuro motivada por los desafíos de la sociedad actual —señala el profesor Escobar—. Sin embargo la ingeniería también puede ver hacia el pasado a través del estudio de estas piezas. Esa idea de que la Ingeniería puede contribuir a investigar la cultura prehispánica ha atraído a muchos estudiantes e investigadores de Uniandes interesados por la Arqueometalurgia”.

Y concluye: “Los ingenieros pensamos de una manera estructurada, y si eso lo ponemos al servicio del estudio de piezas antiguas estaremos en capacidad de realizar una contribución valiosa a nuestra historia. Pienso que ya lo estamos haciendo”. ■



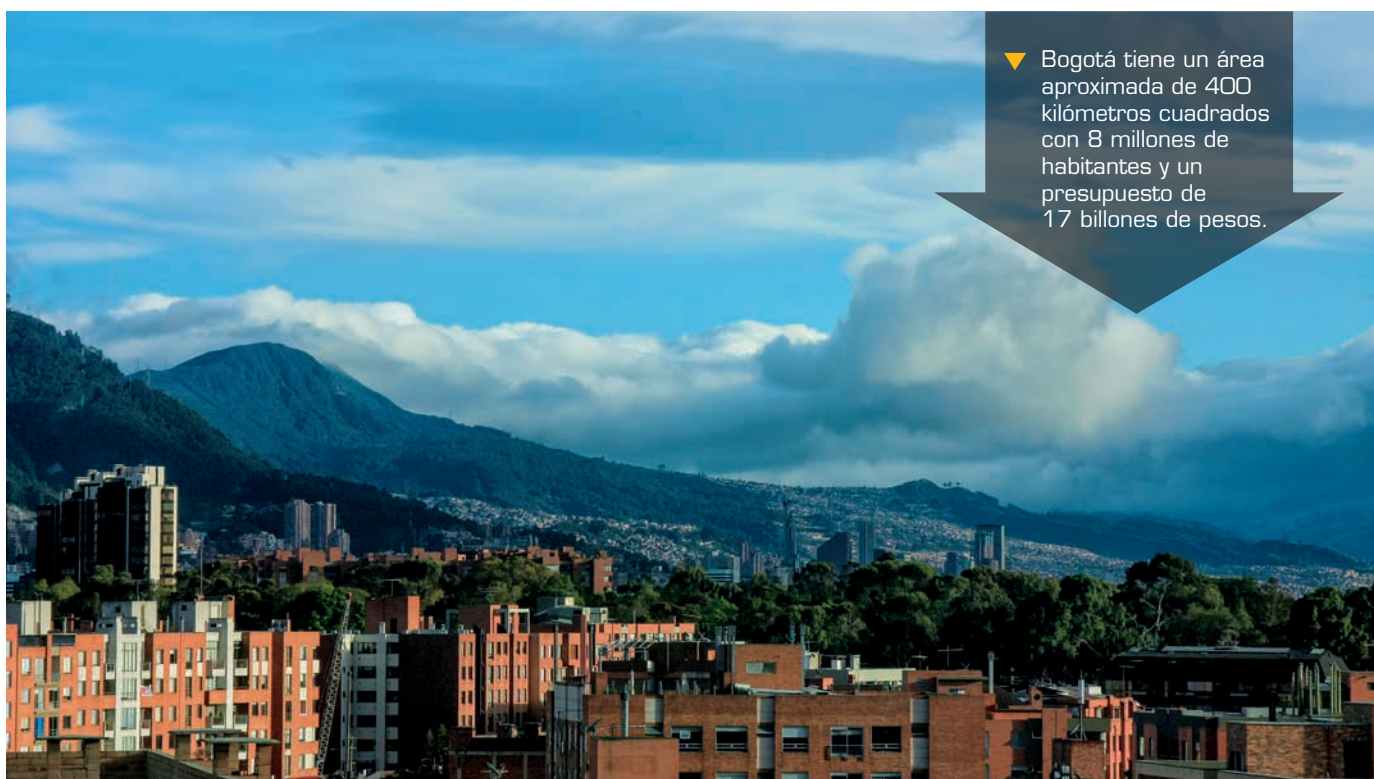
CONTACTO

Jairo Arturo Escobar Gutiérrez, ingeniero mecánico, doctor en Ciencias e Ingeniería de Materiales de la Universidad Federal de Santa Catarina (Brasil), director del Departamento de Ingeniería Mecánica y líder de la línea de investigación en Arqueometalurgia. Correo Electrónico: jaiescob@uniandes.edu.co

“Solo un acuerdo de largo plazo sacará adelante a Bogotá”: Eduardo Behrentz

En el marco de la campaña por el segundo cargo de elección popular más importante del país, el decano de la Facultad de Ingeniería habla sobre los problemas más sensibles para la capital y sobre cómo la ingeniería puede aportar en el diseño e implementación de soluciones.

13



▼ Bogotá tiene un área aproximada de 400 kilómetros cuadrados con 8 millones de habitantes y un presupuesto de 17 billones de pesos.

Foto Carlos Mauricio Vega

El gobierno de Bogotá necesita estar orientado por tres principios básicos: bienestar, equidad y diversidad. La suma de esos derroteros conduce a calidad de vida y competitividad, es decir, a más y mejores oportunidades. Esa es la recomendación principal que le hace Eduardo Behrentz, decano de la Facultad de Ingeniería, al próximo alcalde de Bogotá. Sugiere que para romper los círculos viciosos que impiden la solución de algunos problemas, el futuro mandatario apele a la creatividad con propuestas

que permitan, por ejemplo, obtener financiación alterna para la recuperación de la malla vial —en donde se requieren más de 10 billones de pesos— así como concertar con los municipios vecinos un terreno para remplazar en el mediano plazo el relleno sanitario Doña Juana.

Según Behrentz, al futuro alcalde le corresponderá liderar un diálogo que, en conjunto con los distintos sectores de la ciudad, lleve a definir un acuerdo de largo plazo que sea respetado por futuros mandatarios. Debe combinar a la vez liderazgo político



y dotes de buen administrador, en donde el principal interés sea servir a los bogotanos para resolver los problemas del diario vivir en la ciudad. Behrentz resalta la importancia de hacer primar la calidad —y no solamente la costo-eficiencia— en el momento de diseñar políticas públicas y de tomar decisiones de inversión. Si se traza este horizonte en todas las acciones y obras del Distrito, afirma, habrá una transformación real en la forma de administrar y vivir la ciudad.

En esta entrevista, CONTACTO resume las recomendaciones que formula el académico en distintos frentes.

14

Plan de Ordenamiento Territorial y planes maestros

El POT ha sido mediático y polémico, y por ello se le han atribuido alcances excesivos que van en contra de su propia naturaleza. El POT determina el uso del suelo, y si bien esto tiene numerosas y significativas implicaciones en términos de planeación urbana, es necesario su mayor desarrollo a través de los planes maestros de los diferentes sectores del Gobierno. No es cierto que un buen POT resuelva todos los problemas de Bogotá. El próximo Gobierno debe reconocer esta realidad así como la importancia de retomar la ejecución de las políticas sectoriales construidas y diseñadas en anteriores administraciones. Es fundamental recoger y fortalecer el principio de construir sobre lo construido.

Malla vial

Dado el actual estado de la malla vial, su recuperación y actualización requiere billonarias inversiones que resultan imposibles de realizar y en donde hemos entrado en un círculo vicioso que no admite más esperas. Aunque en tiempos recientes se han destinado partidas cercanas a los 250.000 millones para este concepto, dicha cifra resulta insignificante para el tamaño del desafío. Como no se logrará superar este atraso con el presupuesto oficial, hay que buscar soluciones creativas y nuevos esquemas para el mantenimiento de las vías en los barrios. Una posibilidad es generar una acción colectiva que involucre a los ciudadanos y vecinos en donde se logren acuerdos de cofinanciación entre ellos y el Distrito. Algo como esto requiere liderazgo, capacidad de gestión de las alcaldías locales, de los ediles y sobre todo legitimidad del primer mandatario y de su equipo.

Calidad de la infraestructura vial

Las intervenciones en infraestructura vial deben ser integrales y no sacrificar la calidad en aras de una exagerada costo-eficiencia. Si se analiza el número de kilómetros pavimentados versus el tamaño de la ciudad y de su población, Bogotá no está tan mal en comparación con grandes urbes a nivel mundial. En este sentido el principal problema es la falta de calidad de la infraestructura, su mala planeación y articulación y la baja

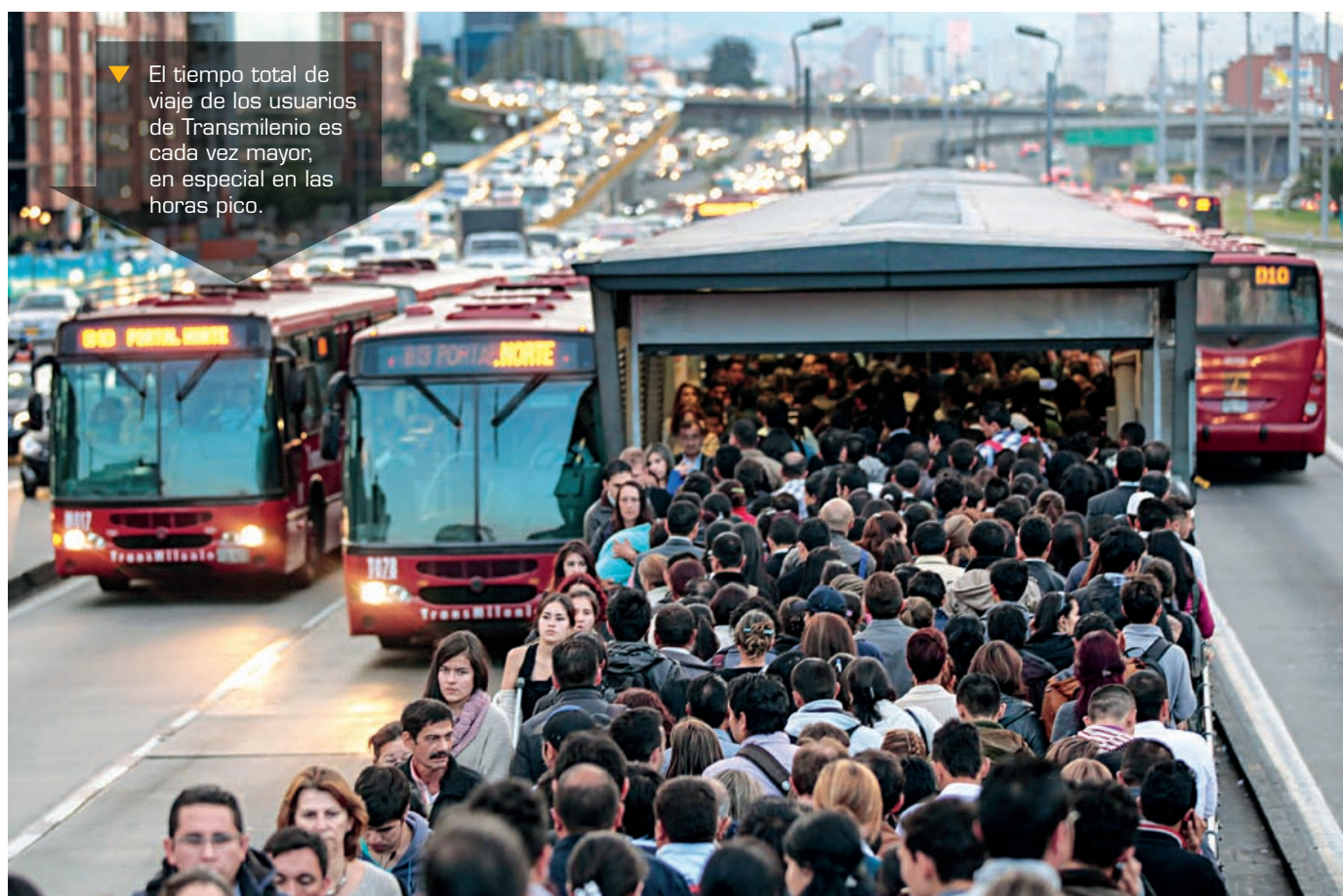
Como no se logrará superar el atraso de la malla vial con el presupuesto oficial, hay que buscar soluciones creativas y nuevos esquemas para el mantenimiento de las calles de los barrios. Una posibilidad es generar una acción colectiva entre vecinos para alcanzar acuerdos de cofinanciación con el Distrito.

eficiencia del gasto público. El mandato de la costo-eficiencia y la baja capacidad institucional que padece el Distrito desde hace lustros han generado que los inconvenientes de movilidad sean resueltos con paños de agua tibia y no con soluciones integrales y de gran alcance.

Nos hemos acostumbrado a que las soluciones se limiten a restricciones vehiculares, instalar nuevos semáforos, prohibir cruces y cerrar giros en U. Lo anterior ignorando que esta práctica resuelve el síntoma y no los problemas de fondo, los cuales se incrementan en el mediano y largo plazo. La ciudad necesita mejorar sus intersecciones, contar con más puentes y pasos a desnivel, entre muchas otras. Este tipo de reflexiones y propuestas ya hacen parte del Plan Maestro de Movilidad y, aunque se implementen de manera fragmentada debido a las limitaciones en el flujo de caja, algún día debe verse un resultado integral. Actualmente no sucede así. Desperdiciamos los recursos y generamos mayor frustración en la ciudadanía.

Instituto de Desarrollo Urbano (IDU)

Una de las muchas consecuencias negativas de la corrupción en la asignación de los contratos de obra pública tiene que ver con la calidad de los resultados y el cumplimiento de los objetivos contractuales de dichas obras. La próxima cabeza del IDU debe ser especialmente cuidadosa en esta dimensión. Por otra parte, hay que hacer una revisión de fondo al manejo de la estructuración de los contratos y del cumplimiento del ciclo de vida de los proyectos. Errar aquí dificulta la ejecución y el seguimiento. Términos y conceptos como “calidad del pavimento” no pueden ser ambiguos ni conducir a diversas interpretaciones que resulten en interminables líos jurídicos y ajenos a lo que necesita el ciudadano. El IDU también debe recobrar la dignidad de años anteriores y recuperar su imagen de entidad técnica y dotada de profesionales competentes, éticos y comprometidos con el desarrollo de la ciudad.



▼ El tiempo total de viaje de los usuarios de Transmilenio es cada vez mayor, en especial en las horas pico.

15

Foto Milton Díaz, El Tiempo

Avenida Longitudinal de Occidente

Todo desarrollo urbano viene acompañado de una mayor huella ambiental. Aquí lo importante es contar con información seria al respecto que permita el análisis de beneficio-costos, que a su vez dé cabida a toma de decisiones informadas. Un ejemplo clásico en Bogotá en este sentido tiene que ver con el proyecto de la ALO, una intervención vial que sabemos esencial para la ciudad pero que genera preocupaciones dado su potencial impacto en los servicios ecosistémicos del borde occidental de la ciudad. Al respecto, debemos tener claro que no es cierto que dicho impacto sea desproporcionado o inmanejable o que resulte imposible la intervención sin afectar de manera significativa la denominada Reserva Van Der Hammen. A nivel mundial existen innumerables ejemplos de intervenciones de alcance mucho mayor en zonas de alto valor ambiental que han resultado exitosas. La principal recomendación en este caso es tener una discusión argumentada con información técnica y científica en lugar de un diálogo de ideologías sin posibilidad de conciliación. La ALO debemos construirla y es posible hacer esto de forma consistente con objetivos de desarrollo sostenible.

Transmilenio y SITP

Durante las denominadas horas pico, Transmilenio por la Avenida Caracas mueve más de 40.000 pasajeros hora/sentido, una de las cifras más altas del mundo para corredores servidos con buses en superficie e incluso considerando sistemas de metro subterráneo. No obstante esta eficiencia, sumada a sus menores costos de construcción y operación comparados con otros sistemas de transporte masivo, Transmilenio requiere una revisión de fondo al objetivo de calidad del servicio prestado. Como ya hemos dicho, la exagerada atención al concepto de costo-eficiencia puede resultar nociva para los objetivos de largo plazo. Sin pretender sugerir que se deben hacer inversiones irresponsables o fuera de la capacidad del Distrito, es fundamental entender que el principal objetivo del transporte público debe ser la calidad del mismo y no solamente su sostenibilidad financiera. Los ciudadanos necesitan y exigen un mejor servicio y esto puede requerir subsidios que permitan mejores frecuencias, menores tiempos de espera en las estaciones y menor ocupación en los buses troncales y alimentadores.



Adicionalmente, la solución integral al transporte público en Bogotá incluye de manera inequívoca el desmonte del 100 % del esquema de oferta colectiva para ser remplazada por el SITP. Esto no admite más demoras y se requieren soluciones inmediatas para la situación generada por los operados que no lograron cumplir con sus objetivos contractuales. Aquí no hay discusión.



▼ La Avenida Longitudinal de Occidente debe construirse protegiendo los humedales.

Foto Abel Cárdenas. El Tiempo

Contaminación del aire

El Plan Decenal de Descontaminación del Aire diseñado por la Universidad de los Andes fue adoptado como la política oficial en estos temas según el Decreto 098 del 2011 de la Alcaldía Mayor de Bogotá. Ahora lo importante es ver su implementación llevada a la realidad, en donde sus propuestas se resumen en las siguientes acciones: 1) poner en funcionamiento el SITP y eliminar la oferta de transporte colectivo; 2) adoptar tecnologías de control de emisiones en la flota diésel de la ciudad, en especial la relacionada con transporte público y carga pesada; 3) adoptar tecnologías de control de emisiones para las motocicletas; 4) mejores tecnologías de control y promoción de combustibles limpios para las fuentes industriales. A través de estas acciones se podrían evitar 1.500 casos de mortalidad infantil, miles de casos de tratamiento en unidades de cuidados intensivos y cerca de 100.000 casos de atención en las denominadas salas ERA. Todo esto vinculado a un ahorro de más de 15 billones de pesos en la próxima década y una proporción de 1 a 8 en lo referente a las inversiones que se deben realizar en comparación con los beneficios económicos y sociales derivados de las mismas.

Río Bogotá y corrientes urbanas

Si bien se ha avanzado en años recientes, la ciudad sigue en deuda en la solución definitiva al problema de contaminación de sus corrientes hídricas urbanas (en particular los ríos Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo) y de la forma en que estas afectan la calidad del Río Bogotá. En la práctica y en pleno siglo XXI sigue siendo cierto que aguas residuales domésticas e industriales circulan por canales abiertos que atraviesan la ciudad de oriente a occidente y que buena parte de las mismas termina en el río Bogotá sin el tratamiento adecuado. Se deben, entonces, finalizar los proyectos de los interceptores de aguas negras y de solución de las conexiones erradas así como dar trámite a la iniciativa de la construcción de la gran planta de tratamiento de Canoas. Sin el concierto y el liderazgo de Bogotá seguiremos siendo testigos de un inmenso crimen ambiental y social que afecta a millones de personas y desperdiciando la posibilidad de desarrollo económico que representa contar con un gran río en el perímetro urbano de la ciudad.

Densificación accidental y sin calidad

Bogotá es extremadamente densa: 8 millones de personas en 400 kilómetros cuadrados = 20.000 habitantes por kilómetro cuadrado. Esto la hace la ciudad capital más densa del hemisferio occidental y una de las más densas del planeta. Esto es particularmente preocupante no solo porque alta densidad también puede significar hacinamiento y baja calidad urbana sino también porque las citadas cifras no son consecuencia de una planeación deliberada. Por el contrario, la sobredensificación de Bogotá es resultado de un accidente urbanístico asociado con debilidad institucional en el ejercicio de curaduría urbana en combinación con presiones indebidas por parte de desarrolladores inmobiliarios.



Foto Carlos Mauricio Vega

▲ El barrio Cedritos, en el norte de la ciudad, es un ejemplo de densificación no planeada, realidad que afecta la movilidad y la calidad del suministro de agua potable y del alcantarillado.

▼ Eduardo Behrentz, decano de la Facultad de Ingeniería, le hace recomendaciones al futuro Alcalde Mayor de Bogotá



Nuestra densificación no ha cumplido con varios de los requisitos tales como la ampliación de la infraestructura de acueducto y alcantarillado y de arterias viales. Barrios como Cedritos en el norte de la ciudad ya son evidencia concreta y palpable de esta realidad, en donde la distribución de agua potable incumple criterios de calidad en lo referente a presiones de servicio de forma simultánea con redes de alcantarillado que operan a presión. Esto combinado con permanentes embotellamientos vehiculares en vías arterias y secundarias. Simplemente no es una buena práctica remplazar viviendas unifamiliares por edificios de 10 pisos. Bogotá requiere autoridad y nueva visión en estos temas.

Bogotá-Región: hora de concertar

La ciudad está integrada con el territorio que la rodea en términos laborales, medioambientales y de movilidad y vivienda, entre muchos otros. No obstante, aunque hay una dependencia mutua no ha habido una institucionalidad que la gestione de manera inteligente, lo que genera pérdida de oportunidades. Medellín y Bucaramanga cedieron parte de su poder a una entidad que es autoridad en los asuntos de transporte, en los ambientales y en los de ordenamiento territorial, pero los gobiernos bogotanos han sido excesivamente dominantes en las posibilidades y en los problemas. Al configurar un área metropolitana, lo que recientemente se ha empezado a trabajar con la conformación de la Región Administrativa y de Planeación

Especial (RAPE), se acepta que otros tengan autoridad en temas comunes y no solo el alcalde de la capital.

Necesitamos herramientas para negociar, por ejemplo, la construcción de un nuevo relleno sanitario, aplicando recursos técnicos para minimizar impactos y beneficiar a todos los municipios cercanos. Para discusiones como esta se necesita capacidad de interacción, concertación y sobre todo dotar de autoridad a un ente planificador integrador. Aquí el llamado es a que Bogotá lidere y gestione esta vieja iniciativa con los municipios vecinos, pero de forma generosa y respetuosa de que se está trabajando con pares y aliados en sus objetivos y no con subordinados que pueden ser objeto de coerción y manipulación. ■

CONTACTO

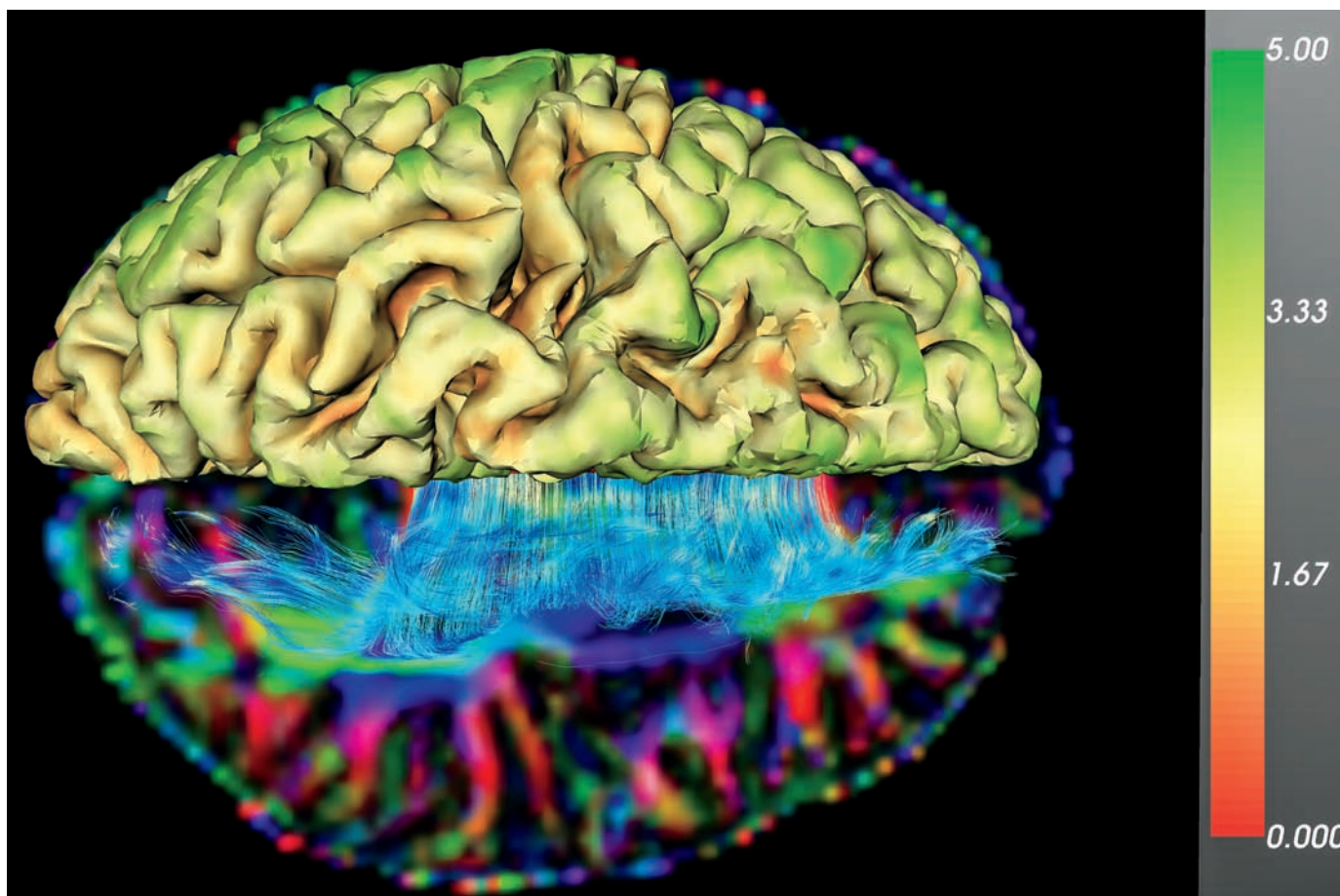
Eduardo Behrentz, ingeniero civil, doctor de la Universidad de California, Los Ángeles (UCLA). Fundador del Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional (SUR) y actual decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes. Consejero del Programa Nacional de Ingeniería de Colciencias, miembro del Consejo Asesor de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) y del Consejo Superior de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI). Columnista de *El Tiempo* y bloguero de *La Silla Vacía*.

ebehrent@uniandes.edu.co Twitter: @behrentz

Computación visual al servicio de la medicina

Dos profesores del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación codirigen investigaciones sobre el uso de herramientas computacionales en salud. Buscan que los diagnósticos de enfermedades sean más rápidos, precisos y viables, así como conocer mejor el funcionamiento del cerebro. CONTACTO recoge sus avances en este especial.

18



▲ La computación visual permite integrar datos y herramientas analíticas en ambientes visuales interactivos que facilitan a los expertos la exploración y el entendimiento de datos complejos. La foto muestra el uso de la herramienta Braviz, orientada al estudio de cohortes con datos de múltiples fuentes para investigaciones de cerebro humano. Los colores en la imagen y la interacción con ella ayudan a analizar el espesor cortical, los tensores de difusión y las fibras del cuerpo calloso de un individuo en el contexto de una muestra.

En medicina, los buenos diagnósticos suelen depender de la experticia de quien los hace así como de la velocidad y capacidad para buscar datos similares o para integrar la información de los exámenes clínicos con los de las pruebas psicológicas y la historia del paciente. Al mismo tiempo, entender cómo funciona el cerebro es vital para garantizar la supervivencia de una persona y, sobre todo, para mejorar su calidad de vida.

Conscientes de esa realidad y basados en las necesidades de los médicos, Marcela Hernández y José Tiberio Hernández, investigadores del grupo Imagine (Computación Visual) de la Universidad de los Andes, codirigen estudios con pares de Colombia, Francia, Canadá y Estados Unidos para desarrollar instrumentos que impacten el ejercicio de la medicina. Se trata de tesis de estudiantes doctorales de Los Andes (algunos en cotutela con universidades francesas), cuyo común denominador es el uso de la computación visual.

Más y mejores diagnósticos

Las investigaciones codirigidas por Marcela Hernández apuntan al diagnóstico asistido por computador para que sea más rápido, más preciso o simplemente para que pueda llevarse a cabo. Todas se desarrollan en el área de la Ingeniería Biomédica, disciplina que fusiona la Ingeniería, la Biología y la Medicina, concretamente en la línea de procesamiento de imágenes médicas.

Con fines de precisión y rapidez, se encuentra la investigación de Alfredo Morales sobre cuantificación de la aireación pulmonar en pacientes con Síndrome de Deficiencia Respiratoria Aguda (SDRA), trabajo que continúa en su tesis Duván Gómez (ver pág. 22). Y en un campo de gran complejidad diagnóstica cuyo propósito es proveer al médico información de casos similares previamente diagnosticados, la doctora Hernández codirige la tesis de Ricardo Mendoza en búsqueda de imágenes del cerebro para la identificación temprana de enfermedades neurodegenerativas con énfasis en la demencia frontotemporal y el trastorno afectivo bipolar (ver pág. 24). También dirigió la tesis de maestría del mismo estudiante sobre cuantificación del tejido adiposo abdominal, un trabajo sobre el que hay dos solicitudes de patentes en curso (ver pág. 26).

Para entender mejor el cerebro

El profesor José Tiberio Hernández apoya la labor de análisis de información compleja del cerebro. Esto va más allá del procesamiento clásico de imágenes de resonancias magnéticas y tomografías, pues integra en una herramienta interactiva los resultados de esos exámenes con los de pruebas de coeficiente intelectual, memoria, motricidad, etc., y de estudios económicos y sociales.

Hernández codirige la tesis de Diego Angulo, mediante la cual se desarrolla una herramienta llamada Braviz (*Visual*

Analytics for Brain Data), para apoyar el análisis de estudios que permiten entender mejor el funcionamiento del cerebro. El caso de estudio que ha acompañado estos desarrollos hace parte de un proyecto liderado por la Fundación Canguro, con fondos de Grand Challenges Canada y Colciencias, para estudiar el impacto a mediano plazo del método de madre canguro en el tratamiento de niños prematuros (ver pág. 18).

“El cerebro es parte fundamental de la vida humana y contar con herramientas para explorar de manera sistemática los datos aumenta la potencialidad de seguir conociéndolo y así mejorar su rendimiento”, dice el ingeniero. Como lo importante es el proceso de análisis que hacen los expertos, se están adelantando colaboraciones con grupos de investigación internacionales de la Universidad de Lausana (Suiza) y la Universidad de Harvard (Estados Unidos). El fin último es propiciar el diálogo interactivo entre especialistas médicos en distintas disciplinas, que analizan las mismas imágenes y datos en estudios de cerebro con ópticas diferentes, para enriquecer la comprensión de ese órgano.

Las investigaciones están en distintas etapas, pero, sin duda, son un ejemplo de cómo la ingeniería puede aportar al mejor ejercicio de la medicina. ■

EL GRUPO

Imagine (Computación visual)

<https://imagine.uniandes.edu.co>



CONTACTO

Marcela Hernández, ingeniera de sistemas y computación, doctora en Imágenes y Sistemas de la Universidad INSA, de Lyon (Francia) y D. E. A. (Diplôme d'Etudes Approfondies) en Ingeniería Biomédica de la misma institución. Profesora asociada del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación.

marc-her@unianes.edu.co

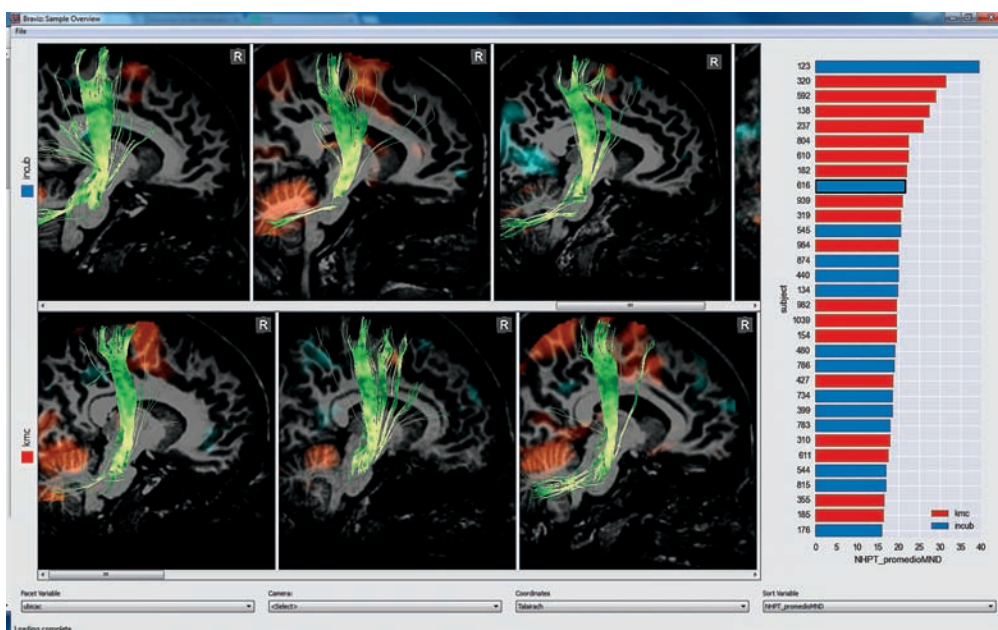


José Tiberio Hernández, ingeniero de sistemas y computación, doctor en Diseño Apoyado por Computador – Informática Aplicada, de la École Nationale Supérieure de Techniques Avancées (París, Francia). Profesor asociado del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación y director del grupo Imagine.

jhernand@uniandes.edu.co

Braviz, novedosa herramienta interactiva para explorar el cerebro

El estudiante doctoral Diego Angulo desarrolla una plataforma que ayuda a investigadores de distintas especialidades (médicos, psicólogos, economistas...) a explorar, en un ambiente colaborativo, datos heterogéneos de imágenes cerebrales, clínicos y socioeconómicos de cohortes de sujetos estudiados.



► Esta es una muestra de imágenes de cerebro de niños prematuros extremos. Están organizadas de izquierda a derecha por el tiempo que se demoraron en ubicar nueve clavijas en nueve agujeros. También están separados según el tratamiento que recibieron al nacer (arriba, los de incubadora; abajo, los del método madre canguro).

Imagínese un montón de datos complejos sacados de resonancias magnéticas, historias clínicas, pruebas de memoria, atención, motricidad y coeficiente intelectual. Súmeles información de una encuesta socioeconómica en el entorno familiar y los resultados de los exámenes del Icfes. Y ahora intégreolos en una herramienta visual que le permita explorar en ese mar de información sobre el cerebro para segmentarla, compararla y formular hipótesis acerca de cómo su estructura afecta su funcionamiento.

Eso es Braviz, una herramienta de análisis visual interactivo que está desarrollando el estudiante doctoral Diego Angulo de la Universidad de los Andes. Con ella, médicos de distintas especialidades pueden navegar simultáneamente y de manera amigable entre los múltiples datos heterogéneos y complejos de

un paciente. En esa comunicación interdisciplinaria es posible buscar correlaciones, formular hipótesis, ver si tienen sentido e incluso detectar errores en el procesamiento.

La tesis es codirigida por José Tiberio Hernández, director del grupo de investigación Imagine de Uniandes; James Oliver, director del Virtual Reality Application Center (VRAC) de Iowa State University, y Cyril Schneider, neurofisiólogo de la Universidad de Laval en Quebec (Canadá).

Hace parte de una investigación liderada por la Fundación Canguro que dirige la pediatra Nathalie Charpak, financiada por Grand Challenges Canada y Colciencias, en la que también participa el neurorradiólogo Jorge Marín, del Hospital Infantil San José (Bogotá), entre otros especialistas (psicólogos, radiólogos, economistas, epidemiólogos). El objetivo es verificar si se mantiene

el impacto favorable que hace 20 años mostró el método de madre canguro en el cerebro de un grupo de prematuros (menos de 37 semanas de gestación). En ese entonces hicieron un estudio experimental de un año con 746 bebés y, por sorteo, la mitad fue tratada con el canguro y la otra mitad en incubadora. Además, contaron con un grupo de control compuesto por niños nacidos a término.

Dieciocho años después, la Fundación contactó al 70 % de los prematuros del estudio inicial y 441 de ellos, así como 50 que hicieron parte del grupo de control, aceptaron participar en una nueva etapa. A todos les practicaron pruebas psicológicas, de memoria, de atención, de visión y audición, de coordinación motora y de coeficiente intelectual. A los nacidos con un peso de 1.800 gramos o inferior, les hicieron estudios completos de resonancias magnéticas anatómicas, funcionales, y de tensores de difusión, para estudiar con detalle el funcionamiento del cerebro. Se consiguieron los resultados de las pruebas Saber y se hicieron entrevistas en el entorno familiar y social, con un grupo de economistas de la Universidad del Rosario encabezados por Darwin Cortés.

La integración, el gran reto

El estudio se terminó en el 2014 y “arrojó datos de una gran riqueza, pero también de una enorme dificultad para analizar —dice el profesor José Tiberio Hernández—. Ese es el reto: integrar toda esa información en una herramienta de análisis”.

Diego Angulo es ingeniero electrónico y matemático de la Universidad Javeriana y magíster en Telecomunicaciones del Politécnico de Turín (Italia). Su tesis partió de los avances obtenidos por el físico Jaime Castro cuando cursaba su maestría en Ingeniería Biomédica y se vinculó al grupo Imagine (ver CONTACTO # 3, págs. 18-20). Posteriormente, contó con el apoyo de la estudiante de Ingeniería Biomédica Johana Forero.

La opinión de la pediatra investigadora

“Lo fabuloso de la herramienta de Diego es que permite una exploración sin fin que no era factible en esa mezcla de imágenes y de datos clínicos —dice con entusiasmo Nathalie Charpak—. Es muy fácil. Puedo hacer una submuestra de los nacidos antes de 32 semanas que tengan buenas neuroimágenes y pedir que me muestre sus cuerpos callosos, los tractos que van de un hemisferio al otro. Luego le digo que a la derecha los clasifique por coeficiente intelectual, y a la izquierda si fueron canguro o tratados en incubadora. Puedo comparar a los zurdos y obtener su perfil, su peso al nacer, cuánto tiempo estuvieron hospitalizados. Uno se vuelve adicto. Me falta tiempo para utilizarla más”.



▲ El estudiante doctoral Diego Angulo y la pediatra Nathalie Charpak discuten sobre la utilidad de Braviz en una sesión en el Laboratorio Colivri de la Universidad de los Andes.

“Manipular imágenes espaciales no es fácil porque la complejidad matemática que hay debajo es muy grande; tiene geometría computacional, interacción hombre-máquina y manejo de datos —explica Diego—. Pero pretendemos esconderla ante los especialistas para que se enfoquen en los datos como tal y no se distraigan con el comportamiento de la herramienta”.

Más información:

<http://diego0020.github.io/braviz/>

<http://www.crchudequebec.ulaval.ca/recherche/chercheurs/7909>

<http://www.vrac.iastate.edu>

La opinión del neurorradiólogo investigador

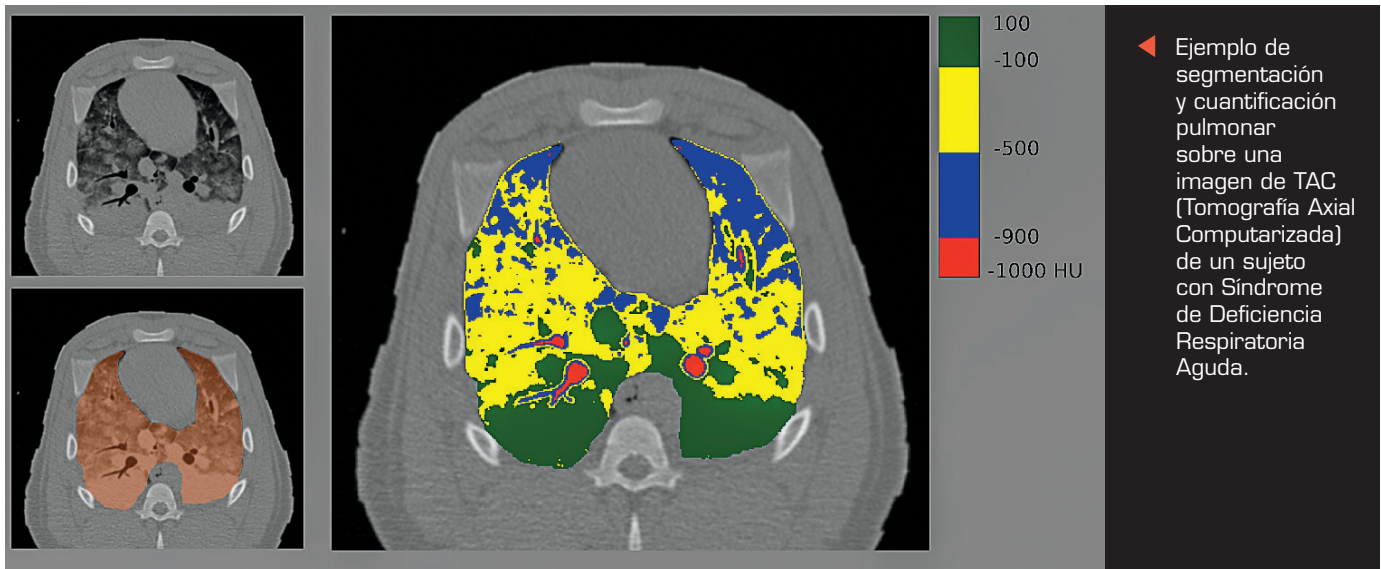
Jorge Marín destaca que nunca había tenido una herramienta que integrara información funcional, estructural, de tractografía y de segmentación del cerebro con un módulo estadístico.

Resalta que Braviz permite hacer estudios individuales, poblacionales y grupales y dice: “La normalización de la imagen en la plataforma es tan buena que uno puede meter la de un cerebro cualquiera y hacer análisis de grupo, lo que no es fácil. Tradicionalmente uno observa las tractografías y se basa en su experiencia para analizarlas, pero cuando me encuentro con esta herramienta y puedo trabajar con los cerebros inmaduros de los niños canguro, mirar su plasticidad cerebral, el sueño está completo”.

El desafío de cuantificar la aireación pulmonar

Alfredo Morales Pinzón diseña un algoritmo basado en el registro de imágenes médicas (Tomografía Computarizada) para identificar con claridad el contorno de un pulmón parcialmente lleno de líquido. Sus trabajos se hacen con cerdos, pero la investigación doctoral de Duván Gómez aspira a que se apliquen en humanos.

22



El Síndrome de Deficiencia Respiratoria Aguda (SDRA) se define como un conjunto de manifestaciones clínicas, radiológicas y fisiológicas que se traducen en una intensa inflamación y una hiperpermeabilidad pulmonar, en respuesta a diferentes agresiones agudas del parénquima pulmonar. Estas agresiones pueden ser de origen bacteriológico o químico, tales como neumonía, aspiración de productos químicos o septicemia extrapulmonar. Entre el 30 y el 50 por ciento de los pacientes que llegan a urgencias con SDRA tiene probabilidades de morir, pero el 25 por ciento de ellos podría salvarse con una adecuada ventilación mecánica que les ayude a respirar.

El problema es que los protocolos de ventilación usados en el mundo son genéricos y no existe una herramienta que permita ajustar los parámetros del ventilador mecánico de forma

particular para cada paciente, en función de su estado y del volumen de aire de sus pulmones.

Motivados por esa situación, ingenieros de la Universidad de los Andes en Bogotá se unieron con médicos e investigadores del Laboratorio Creatis de la Universidad Claude Bernard y del Hospital Croix-Rousse, ambos de Lyon (Francia). El propósito es usar el procesamiento de imágenes y computación visual para cuantificar el aire en el interior del pulmón y observar su respuesta a la ventilación mecánica con el fin de diseñar protocolos para pacientes con SDRA, y contribuir así a reducir la tasa de mortalidad. Por lo pronto, han trabajado con imágenes de pulmones de cerdos, cuya estructura es similar a la del humano, y en el futuro aspiran a hacer pruebas clínicas para usar el método en personas.

Los investigadores parten de que los alvéolos de esos enfermos se llenan de líquido y por lo tanto en esos segmentos no se puede dar el intercambio gaseoso necesario para la respiración. Como se trata de imágenes en 3D es difícil identificar las regiones aireadas de las que no lo están y lo usual es que el médico observe las imágenes diagnósticas y vaya dibujando el contorno del pulmón, tarea que puede durar entre cuatro y cinco horas. Dada la gravedad del síndrome, durante el tiempo de dibujado el paciente podría morir. Además, ese líquido impide ver con claridad la ubicación del órgano, un paso indispensable para saber con qué parámetros alimentar el ventilador mecánico para ayudarlo a respirar.

Precisamente en ese último aspecto, el de la ubicación, se centra la tesis doctoral de Alfredo Morales, ingeniero electrónico y de sistemas y computación y magíster en Ingeniería de Sistemas en la Universidad de Los Andes. Sus estudios actuales son en cotutela con la Universidad Claude Bernard Lyon 1 (Francia), bajo la dirección de la profesora Marcela Hernández de Los Andes; de Maciej Orkisz, del Laboratorio Creatis de la Universidad Claude Bernard, y de Jean-Christophe Richard, de la Unidad de Reanimación del Hôpital Croix-Rousse.

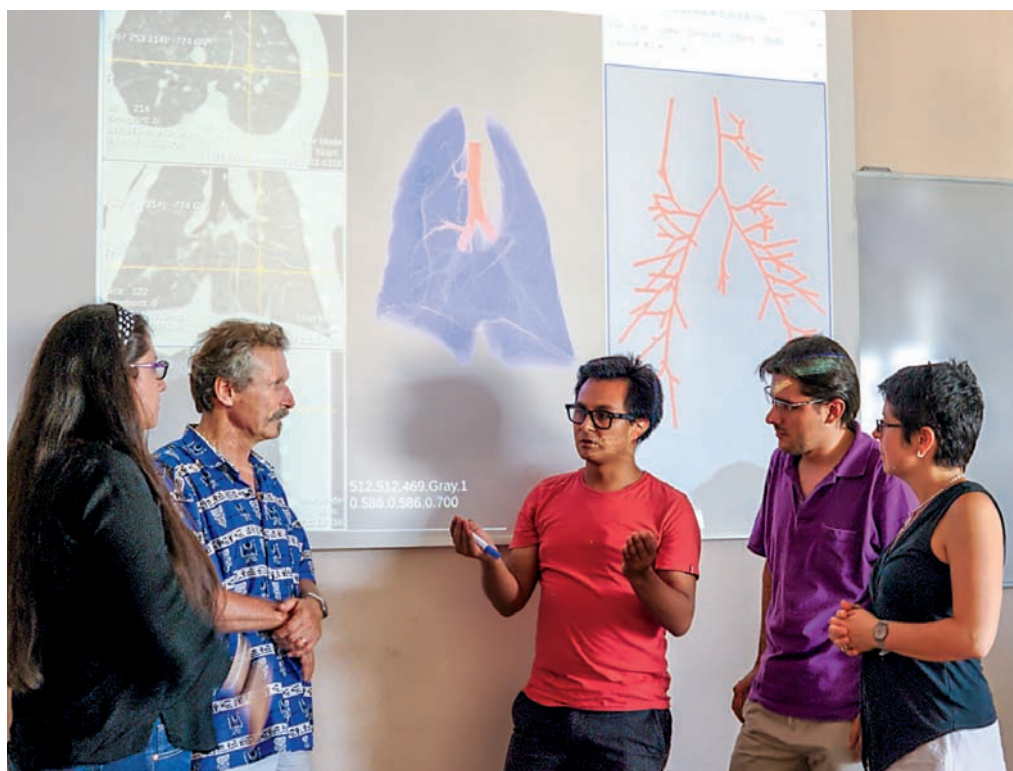
Su investigación se basa en hacer registro de imágenes del pulmón del cerdo para crear algoritmos que permitan detectar su ubicación exacta y establecer su comportamiento cuando tiene mayor o menor cantidad de líquido adentro. "Utilizo un modelo inicial del pulmón, que deforme y adapto a cada una de

las imágenes obtenidas al someter al cerdo a distintos niveles de presión y volumen de aire", explica Morales. De esa manera puede obtener la ubicación, cuantificar su aeración y observar la respuesta del órgano a diferentes tipos de ventilación mecánica.

Su tesis doctoral terminará en diciembre del 2015, pero la investigación la continúa el estudiante de doctorado de Los Andes Duván Gómez, ingeniero electrónico de la Universidad Nacional, con especialización en Gerencia de Sistemas de la Universidad Pontificia Bolivariana y maestría en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional (sede Medellín). Su propósito es seguir usando registro de imágenes para segmentar el pulmón y poder llevar estos estudios al campo clínico, de modo que puedan aplicarse en seres humanos.

Esta tarea supone retos importantes porque mientras el cerdo puede someterse a radiaciones repetidas para obtener 8 o 16 imágenes de las diferentes condiciones de ventilación, en el humano la actividad se restringe a 2 o 4. Otro desafío se relaciona con encontrar técnicas avanzadas de procesamiento digital de imágenes, ya que debido a su bajo contraste y diferentes alteraciones, además del ruido normal, se dificulta saber la ubicación exacta del pulmón.

Ambos estudiantes doctorales y su equipo de asesores están empeñados en sacar adelante estas herramientas. Los mueve el deseo de que, con ellas, la cuarta parte de ese grupo de pacientes que llegan a urgencias con Síndrome de Deficiencia Respiratoria Aguda pueda salvarse. ■



◀ Sesión de trabajo en el Laboratorio Creatis (Francia). De izquierda a derecha, Leslie Solórzano (estudiante de Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación), Maciej Orkisz (investigador del laboratorio Creatis), Alfredo Morales y Duván Gómez (estudiantes de doctorado) y Marcela Hernández, investigadora de Uniandes.

Diseñan buscador para diagnosticar enfermedades neurodegenerativas

Una tesis doctoral busca crear un software que opere como motor de búsqueda de imágenes de cerebro en grandes repositorios médicos. El fin es alertar a los especialistas sobre las similitudes con la patología de otros pacientes para apoyar sus diagnósticos.

24

Determinar si una persona padece demencia frontotemporal y trastorno afectivo bipolar es difícil, pues requiere una gran cantidad de evaluaciones clínicas y la valoración de una amplia gama de especialistas como radiólogos, psiquiatras, psicólogos y terapeutas, quienes deben alcanzar un consenso. También lo es porque las familias ocultan al paciente o creen que está deprimido, y porque los síntomas pueden confundirse por desconocimiento de estas patologías. Su ocurrencia crece como consecuencia del aumento de la edad en la población y eso genera un impacto económico directo en el sistema de salud.

Lo usual es que cuando la persona consulta, la sometan a distintas pruebas y exámenes clínicos de cuyos resultados los especialistas van tomando nota para luego llegar a un diagnóstico consensuado que muchas veces no es 100 por ciento acertado. Si la enfermedad se tratara en una fase temprana, la calidad de vida del individuo y de su entorno familiar aumentaría considerablemente.

Así describe la ingeniera Marcela Hernández la situación de quienes sufren este tipo de enfermedades neurodegenerativas, hecho que motiva la investigación que adelanta el grupo Imagine de Los Andes. Lo hace con el radiólogo Luis Felipe Uriza, del Hospital San Ignacio y del Instituto Intellectus (ambos de la Universidad Javeriana de Bogotá); Fabio González, líder del grupo de investigación MindLab de la Universidad Nacional, y la neuropsicóloga Diana Matallana. El socio extranjero es John Puentes, del Departamento de Imágenes y Tratamiento de la Información de Télécom Bretagne.

Del grupo hace parte el estudiante doctoral Ricardo Mendoza, beneficiario de la beca Rodolfo Llinás de la Alcaldía Mayor de Bogotá y la Fundación Ceiba. Su tesis consiste en diseñar el software de un motor de búsqueda para la recuperación de imágenes de cerebro almacenadas en grandes repositorios. Si

esta información se compartiera, podría alertar a los médicos, especialmente a los inexpertos en estas enfermedades, sobre la posible existencia de demencia y servir como precedente para ordenar estudios más detallados.

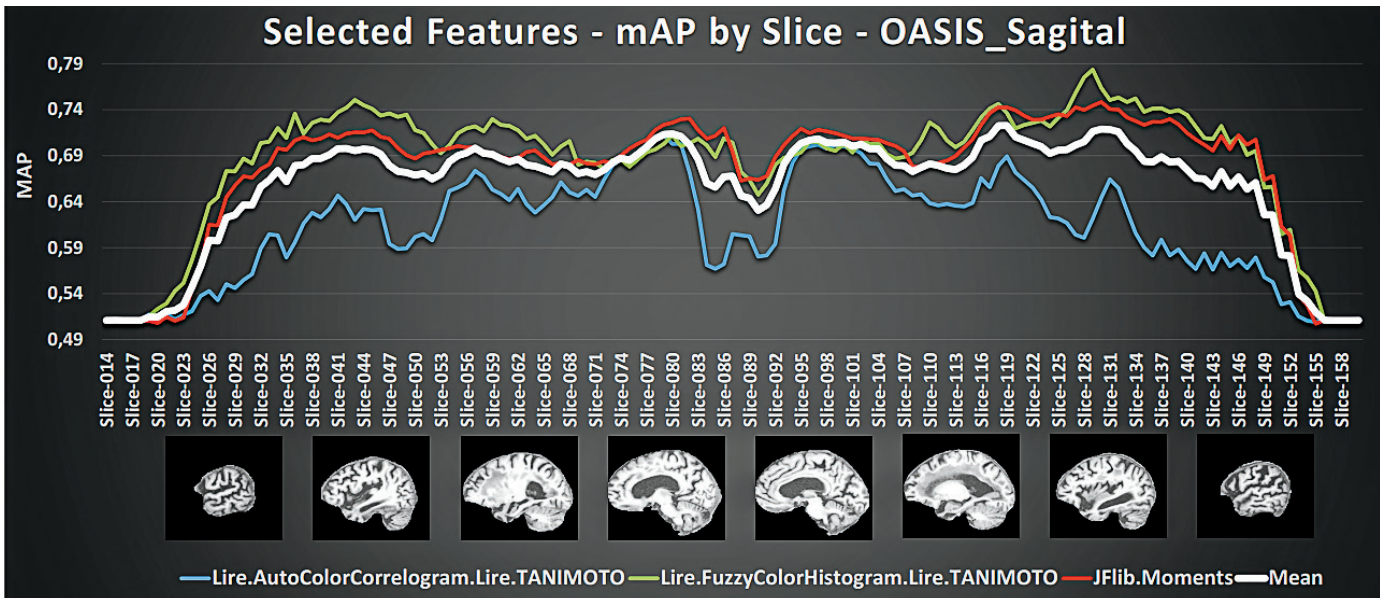
La diferencia fundamental con otras herramientas de computación visual es que esta no provee una clasificación diagnóstica directa del estado del paciente. “Mediante el buscador le ofrecemos al médico un conjunto de casos con características similares que ya han sido diagnosticados, para que pueda analizar e interpretar dicha similitud. No solo le proporcionamos información del cerebro a través de imágenes, sino de la historia clínica y otras fuentes de información disponibles para cada uno de los resultados obtenidos mediante la búsqueda”, explica Mendoza.

Los retos

Los objetivos de la investigación son varios. El primero es proponer una forma de describir el cerebro que ayude a extraer las características relevantes de la patología para la búsqueda. El segundo es encontrar una manera de mezclar múltiples fuentes de información en forma consistente con la enfermedad, particularmente la visual con la textual (como historia clínica y lectura de radiología) para “enriquecer” la precisión de los resultados. Y el tercero es crear el software, por lo menos el prototipo.

El mayor reto es traducir en ese software los parámetros de similitud entre las imágenes y datos. Para ello hay que asociarlos con criterios de relevancia (lo que el usuario espera obtener), de manera que el sistema le entregue resultados interpretables y adaptados a la patología que le interesa.

Otro desafío obedece a la gran variabilidad de la estructura cerebral entre diferentes individuos (influyen aspectos como edad, estilo de vida o tratamientos médicos a los que se haya



sometido), así como a factores extrínsecos derivados de la forma de tomar las imágenes (adquisición) y de los equipos usados para ese fin.

Para llevar a cabo la investigación, Amazon Web Services les ha suministrado recursos de computación en la nube por 8.000 dólares para el procesamiento de las imágenes. “Hemos tenido acceso a la base de datos ADNI (*Alzheimer Disease Neuroimaging Initiative*), de la cual hemos recopilado 11.000 imágenes de Resonancia Magnética (RM) de cerebro de unos 2.000 pacientes. Solo para eliminar la variabilidad derivada de la adquisición de esas imágenes, utilizando herramientas software especializadas para tal fin, tardaríamos 10 años en procesarlas con una sola máquina —explica Mendoza—. Con Amazon, sería posible llevar a cabo esta tarea en una o dos semanas o menos, porque podríamos utilizar usar mil computadoras simultáneamente”.

▲ Esta gráfica indica cómo varía la efectividad al buscar casos con enfermedad de Alzheimer según diferentes alternativas para describir subregiones de imagen cerebral a lo largo de uno de sus ejes (el sagital).

La opinión del radiólogo investigador

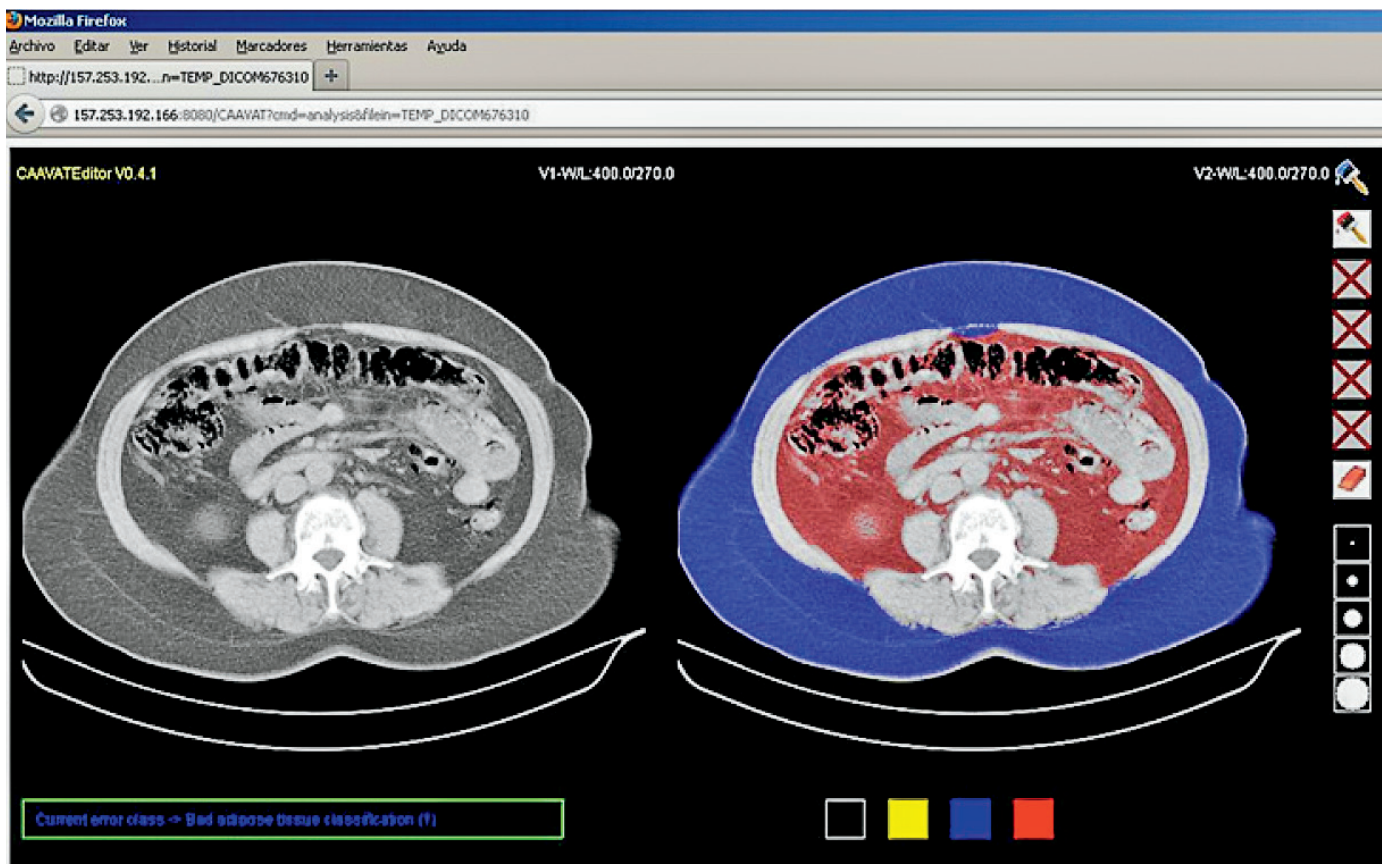
Luis Felipe Uriza, radiólogo del Hospital San Ignacio de Bogotá e integrante del equipo del Centro de Memoria y Cognición Intellectus, de la Universidad Javeriana, considera que la herramienta en desarrollo facilita el diagnóstico a partir de las características comunes de las imágenes de pacientes con la misma enfermedad.

“Disponemos de las imágenes y la historia clínica de cada paciente. Sabemos que tiene atrofia en algunos sitios del cerebro, que hay más o menos sustancia blanca, más o

menos volumen o mayor o menor espesor de la corteza —explica—. Si ese denominador común lo convertimos en una característica que se pueda buscar en el universo de las resonancias cerebrales, un programa bien alimentado podría llegar a reconocer esas imágenes, decir cuáles coinciden con el diagnóstico y arrojar más de las que creíamos tener o, por lo menos, alertarnos de que existen otras personas que pueden tener la misma enfermedad, que para nosotros no son aparentes”.

Cómo segmentar y cuantificar el tejido adiposo abdominal

Con apoyo de la computación visual se diseñó una herramienta que ayuda a identificar uno de los factores de riesgo de sufrir accidentes cardio y cerebrovasculares. Ya se solicitaron patentes en Colombia y Estados Unidos y ahora se trabaja en mejorar el software para que discrimine mejor los tejidos grasos.



La grasa que está debajo de la piel, esa que conocemos como 'llantas', es estéticamente fea, pero no es tan riesgosa como la visceral. Sin embargo, esta última no se detecta a simple vista y no es tan fácil de medir como el nivel de colesterol o de glicemia en la sangre, la tensión arterial, el peso y la masa corporal. Tales factores pueden causar síndrome metabólico, una dolencia que puede ocasionar infartos o accidentes cerebrovasculares.

- ▲ Interfaz gráfica de CAAVAT, software en el que está implementado el método de segmentación y cuantificación del tejido adiposo abdominal. La imagen muestra un corte abdominal de Tomografía Axial Computarizada (a la izquierda) y la correspondiente extracción del tejido adiposo subcutáneo y visceral (a la derecha).

Ahí radica la importancia de esta investigación, consistente en idear una herramienta para segmentar y cuantificar el tejido adiposo abdominal tanto subcutáneo como visceral, algo que no puede hacerse sin herramientas como la computación visual. “El experto no acabará nunca si cuenta los puntos de grasa en una imagen y quisiera tener un instrumento que le ayude a hacer el diagnóstico”, dice la ingeniería Marcela Hernández, del grupo Imagine de Uniandes y codirectora del estudio.

El trabajo comenzó con la tesis de maestría de Ricardo Mendoza, quien ahora es estudiante doctoral (ver pág. 24). Ya se solicitaron patentes en Estados Unidos y en Colombia y ahora los investigadores continúan mejorando el software porque han identificado algunas imperfecciones durante la cuantificación, localizadas en los vasos mesentéricos y el contenido intestinal. Para corregirlo han aplicado nuevas técnicas de procesamiento relacionadas con aspectos como la varianza de grises y las están validando con nuevos protocolos.

Del equipo investigador hacen parte, además de la profesora Marcela Hernández, Luis Felipe Uriza, del grupo de Imágenes Diagnósticas del Hospital Universitario San Ignacio, y Philippe Douek, del Département d’Imagerie Diagnostique et Thérapeutique del Hôpital Louis Pradel, de Bron (Francia). En esta nueva etapa también trabajó inicialmente el estudiante de doctorado Duván Gómez (ver pág. 22) y a los especialistas del Hospital San Ignacio se unieron otros del Hospital General de Medellín.



▲ Ricardo Mendoza, estudiante doctoral

▲ Duván Gómez, estudiante doctoral

Además del esfuerzo por perfeccionar el software para cuantificar la grasa abdominal, quieren ampliar su alcance a la identificación de imágenes de cuello y a la posible generalización de la metodología para clasificar tejidos adiposos de diferentes partes del cuerpo. Los investigadores aspiran a que se convierta en un instrumento de uso clínico que facilite a los médicos un diagnóstico más certero y, con ello, incidir en la calidad de vida de los pacientes. ■

La opinión del radiólogo investigador

Esta investigación surgió de un estudio adelantado en siete países latinoamericanos, encaminado a encontrar cuál era el punto de corte correcto del perímetro abdominal para determinar si un paciente tiene riesgo cardiovascular o cerebrovascular.

Las primeras mediciones las hicieron con un software desarrollado por los japoneses. Dada su precariedad, en Uniandes se propusieron crear algoritmos capaces de discriminar mejor la grasa de forma más automática, más precisa y menos dependiente del usuario. “La otra herramienta era como un *paint* en la que cada médico tenía que ir maquillando las partes hasta sacar el resultado. Implicaba mucho tiempo

y, fuera de eso, tenía alta variabilidad dependiendo de quien la aplicaba”, explica el radiólogo Luis Felipe Uriza. Por eso continuaron depurando el trabajo de Ricardo Mendoza para determinar la variabilidad entre sujetos, es decir, para mejorar la validación clínica. Simultáneamente hicieron las solicitudes de patente porque el software de segmentación no viene instalado por defecto en los equipos médicos y quien quiera usarlo debe comprarlo. Mientras se surte ese proceso, es necesario publicar los resultados en revistas científicas, momento en el cual comenzará una nueva etapa en la que se compare clínicamente con otras metodologías para hacer una nueva validación que despeje las

dudas de la comunidad científica acerca de cómo se hizo el estudio. “Determinar el riesgo cardiovascular es complejo. Por ejemplo, una persona de 50 años que pese 75 kilos y mida 1.70 es distinta a una que pese y mida exactamente lo mismo, pero que tenga unos antecedentes diferentes, como que fume o no haga ejercicio —señala—. Si uno encuentra medidas cuantificables que predigan riesgo, podría hallar variables objetivas. El paciente puede mentir; cuando consultan nadie fuma ni ingiere alcohol y todos son deportistas, pero si tienen la barriga grande, cuantificamos el valor de la grasa abdominal para ver si está por encima de lo normal. Es una medición objetiva”.



Los beneficios inciertos de las obras en el río Magdalena

Expertos como el profesor Eduardo Aldana Valdés dudan de la viabilidad de la obra de dragado y encauzamiento del río, así como de las bondades sociales y económicas para los habitantes de los municipios ribereños.

28

Lograr un desarrollo social de las comunidades vecinas del río Magdalena, superar la desnutrición, evitar las muertes por infección gastrointestinal y mitigar las condiciones de pobreza de 5.6 millones de habitantes “debería ser la preocupación principal de Cormagdalena y no favorecer unas empresas navieras”. Así lo asegura Eduardo Aldana Valdés, profesor emérito de la Facultad de Ingeniería. A su juicio, antes que invertir esas millonarias partidas sin un retorno social concreto habría que, por ejemplo, impedir que sus aguas sigan recibiendo los desechos y residuos contaminados de los municipios que las vierten en su cauce (Bogotá entre ellos).

Aldana se refiere al contrato que se firmó en septiembre del 2014 para acometer las obras de recuperación de navegabilidad del río Magdalena por 2.5 billones de pesos, un valor que el experto considera incierto. Los trabajos serán ejecutados por el Consorcio Navelena, integrado por las firmas Odebrecht de Brasil y la colombiana Valorcon, en una asociación público-privada (APP) con la Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena (Cormagdalena). El objetivo de la APP es el dragado y encauzamiento del río en un tramo de casi 910 kilómetros. La extracción del sedimento se inició en junio pasado para un trayecto de 650 kilómetros, que va desde Barrancabermeja hasta Barranquilla. El encauzamiento, de 260 kilómetros, comenzará en año y medio e irá desde Puerto Salgar, en Cundinamarca, hasta Barrancabermeja, en Santander.

Al igual que Aldana Valdés, otros sectores han criticado el proyecto dado que la licitación se adjudicó sin el diseño de las obras de canalización y sin un estudio ambiental cuidadoso que permita establecer los efectos en los ecosistemas. Esto último es la observación del profesor titular de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional, Jaime Iván Ordóñez, quien el 13 de septiembre de 2014 en *UNPeriódico* señaló que faltan estudios del comportamiento del río como para afectar 260 kilómetros con una canalización que hasta ahora se está diseñando y que no podrá ser probada. También deplora que no se consideren los intercambios con las ciénagas y con los

terrenos ribereños, donde las aguas altas y bajas cumplen un importante papel en la vida de la fauna.

En este sentido, Thomas Walschburger, coordinador de ciencias del programa de conservación Andes Tropicales de The Nature Conservancy y doctor en Biología de la Conservación, dice: “Estamos sumándole al río proyectos de desarrollo sin medir si aguanta los impactos” y que “ni siquiera hemos calculado cuántos millones de dólares nos ahorran estos ecosistemas al limpiar el agua”.

Esta declaración fue recogida por el blog *El Río* de El Espectador, en el evento “¿Para dónde va el río Magdalena? Riesgos sociales, ambientales y económicos del proyecto de navegabilidad”, de los cuales el Foro Nacional Ambiental ha organizado dos versiones.

En este mismo foro, Juan Darío Restrepo Ángel aseguró que el río arrastra anualmente 184 millones de toneladas de sedimentos, uno de los volúmenes más altos del mundo. Él es doctor en Ciencias del Mar de la Universidad del Sur de California y coordinador de la maestría en Ciencias de la Tierra de la Universidad Eafit, de Medellín.

Por su parte, el diario *Portafolio* publicó el 18 de julio de 2013 que Jorge Barragán, representante del consorcio Navelena, afirmó que el proyecto de navegación está en conversaciones con expertos nacionales e internacionales de las universidades del Norte (Barranquilla) y Católica (Medellín) y de la compañía holandesa Deltares, para realizar modelaciones del río y estudios de impacto ambiental.

Con las obras se pretende dar capacidad al río para movilizar barcazas de 7.200 toneladas, día y noche, durante 365 días. En respuesta a un cuestionario de la Comisión Cuarta de la Cámara de Representantes, el 22 de agosto del 2014, el Ministerio de Transporte dijo que “de acuerdo con experiencias en Europa, Estados Unidos y el sur de nuestro continente, la carga movilizada por río puede alcanzar un ahorro entre un 40 % a un 50 % de los costos actuales en transporte”.

Sin embargo, esas promesas no dejan contentos a detractores del proyecto como Aldana Valdés. Sus cuestionamientos se

▼ Cerca de 5.6 millones de habitantes ribereños, entre ellos pescadores, no recibirán beneficios sociales de las obras de dragado y encauzamiento del río Magdalena, sostiene el profesor Aldana.



Foto Carlos Mauricio Vega

han centrado en la ausencia de ventajas económicas y sociales para las 57 comunidades ribereñas de los 9 departamentos involucrados.

Aldana se apoya en un informe de la compañía Steer Davies Gleave, titulado “Estudio de demanda de transporte del sistema fluvial del río Magdalena”, contratado por Cormagdalena en el 2002 y actualizado en el 2013. En él se afirma que la relación costo-beneficio es de 1.05 %. “El Estado realiza obras con fondos públicos con el propósito de que produzcan beneficios económicos y/o sociales y, en el mejor de los casos, los dos. Y el provecho de esta es apenas mayor que el costo. Una empresa cualquiera no se arriesgaría a invertir tanta plata con una relación tan estrecha y con tanta incertidumbre como la identificada en el informe. ¿Por qué el Estado sí?”

Señala que las estimaciones de la demanda de carga por transportar se basaron en cálculos que ya no son válidos, como la producción nacional de hidrocarburos y el volumen de exportaciones. Pero además se calculan ahorros que dependen, por ejemplo, de la estabilidad y profundidad del canal navegable, que es altamente dependiente del régimen de lluvias, “de manera que si hay un fuerte período de sequía, el costo del dragado se puede incrementar drásticamente”.

Asegura también que las ventajas para la gente del común no pueden limitarse “a ver pasar las barcazas”. En cambio, sí es todo el pueblo el que deberá pagar durante 13 años y medio. “Lo correcto era diseñar la obra de manera modular y ejecutarla gradualmente, a ver si funcionaba, ya que hay tantos factores de riesgo”, señala el académico.

Lo anterior se agrava por el hecho de que como al parecer el costo no ha sido avalado por el constructor, este podría argumentar que el encauzamiento supera lo presupuestado. El profesor Aldana tampoco entiende que se proyecte una navegación durante todo el año, cuando lo común en ríos con caudales estacionales es alternar su uso con el transporte ferroviario en un esquema de multimodal.

Por último, el profesor emérito cuestiona que se haya concedido una obra con semejante inversión cuando, en el 2013, César Ramírez Lynch, gerente general de Tráfico de Colombia —a la que pertenece la naviera Impala—, dijo que no era necesaria porque con el cauce actual del río podían poner en marcha una flota recién adquirida por 800 millones de dólares (*Portafolio*, 18 de julio). “En este caso se está adaptando el río a las embarcaciones y no al contrario, como debería ser”, concluye Eduardo Aldana. ■



CONTACTO

Eduardo Aldana Valdés, ingeniero industrial, doctor de MIT y profesor emérito del Departamento de Ingeniería Industrial.

ealdana@uniandes.edu.co



ALTERNAR, proyecto pionero en energías alternativas en el país

30

Hace un año, las universidades de Nariño y de Los Andes iniciaron, con apoyo del Sistema General de Regalías (SGR), el proyecto Análisis de Oportunidades Energéticas con Fuentes Alternativas en el Departamento de Nariño —ALTERNAR—. La primera etapa finaliza en octubre del 2016

Numerosas zonas aisladas del país como veredas, campos agrícolas, caseríos o islas todavía carecen del servicio de energía, y suele ser más conveniente y económico adoptar un medio autosuficiente y sostenible a través de microrredes eléctricas que conectarse al circuito de transmisión general.

Cocal Payanes, un poblado en la costa pacífica nariñense, es uno de los potenciales lugares donde se podrían instalar torres eólicas para llevarles energía a 120 familias, un total de 612 personas que, al contabilizar las veredas vecinas, serían 1.300 habitantes.

Cocal Payanes fue considerado dentro del proyecto ALTERNAR, que en su primera fase tiene como objetivo identificar posibilidades de implementar energías alternativas en territorios apartados y no conectados con una red eléctrica en Nariño. También busca diseñar una solución no interconectada de microrredes rurales, así como implementar un laboratorio en el campus de la Universidad de Nariño (Udenar) y fortalecer la línea de investigación, con colaboración interinstitucional y un posgrado en el área.

Los ingenieros Andrés Pantoja, de la Universidad de Nariño, y Nicanor Quijano, de Los Andes, son los líderes de la investigación. Desde hace más de tres años han madurado esta idea que tiene un amplio componente académico e involucra a más de 25 investigadores entre estudiantes de doctorado, maestría y pregrado.



▲ El ingeniero Andrés Pantoja se doctoró en la Universidad de los Andes y regresó a la Universidad de Nariño a trabajar por la región.



▲ Bajo la dirección de Nicanor Quijano, Los Andes se encarga de la parte investigativa y científica del proyecto.



Foto cortesía Andrés Pantoja

Andrés Pantoja es doctor de la Universidad de Los Andes y director del Grupo de Investigación en Ingeniería Eléctrica y Electrónica (GIIEE) de Udenar. Con él trabajan Javier Revelo, director del Departamento de Ingeniería Electrónica, y Darío Fajardo, quienes se encargan de la gerencia del proyecto y de comunicarse con la interventoría en la Universidad Nacional, sede Manizales. Además, los egresados de la maestría de Ingeniería Electrónica de Uniandes John Barco y Wilson Achicanoy, junto con otros docentes, gestionan proyectos y tienen a cargo la dirección de varios trabajos de grado.

La Universidad de los Andes proporciona el soporte investigativo y científico bajo la orientación de Nicanor Quijano, director del Grupo de Investigación en Automatización para la Producción (GIAP). También están vinculados Alain Gauthier, profesor emérito de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, y Álvaro Pinilla y Gerardo Gordillo de Ingeniería Mecánica, quienes colaboran desde la perspectiva de control y de energías renovables y alternativas. Miguel Velásquez y José Morillo, estudiantes doctorales, tienen a su cargo los temas relacionados con la parte eléctrica. La contraparte del proyecto es la empresa ASC Ingeniería, cuyo representante, David Salcedo, se encuentra realizando su maestría en el CIDER en la Universidad de los Andes.

◀ Sistemas fotovoltaicos en el municipio de Santa Bárbara de Iscuandé efectuados por la Universidad de Nariño en el proyecto "Pacífico Pura Energía" de Colciencias.

La primera fase de ALTERNAR tiene un costo inicial de 4.116 millones de pesos, de los cuales el SGR aporta 3.700 millones. El resto son contrapartidas de las universidades de Nariño y Los Andes y ASC Ingeniería S. A. E.S.P.

Involucrar a la comunidad

Un aspecto primordial de ALTERNAR es la vinculación de la comunidad a los trabajos de implementación de una red eléctrica, señala el profesor Quijano. En Nariño hay campesinos, indígenas y afrodescendientes con diversas culturas e intereses. No se puede llegar a imponer una solución porque son ellos los que mandan en la zona. También hay que prever que al llevar energía a esos lugares carentes de recursos, mucha gente de los sectores aledaños se va a desplazar para allá, lo cual traerá nuevas y complejas dinámicas para el municipio.

Por otro lado, con las microrredes se busca proveer de luz con independencia del circuito de transmisión general a una zona pequeña. Una idea para el futuro es "potenciar la región a nivel turístico —sostiene el ingeniero Quijano— y por ejemplo, en alguna de las islas en el Pacífico como Bocagrande, se podría instalar una microrred que tenga su energía y así los viajeros se entusiasmen a visitar zonas distintas a Cartagena".

Pionero en energías alternativas

Andrés Pantoja sostiene que ALTERNAR es uno de los proyectos pioneros en el país en temáticas de energías alternativas, apoyado por el fondo de ciencia, tecnología e innovación del SGR.

Los resultados sobre la caracterización detallada de los potenciales energéticos locales, agrega, facilitarán la proposición de proyectos sobre energización con fuentes alternativas en regiones aisladas y el planeamiento energético del departamento, incluyendo recursos no convencionales.

También se realizarán diseños preliminares de proyectos piloto replicables de microrredes rurales en poblaciones pertenecientes a las zonas no interconectadas, en donde el acceso a la energía potenciaría el desarrollo sostenible de la población.

Cuando termine esta primera fase, se habrá formulado una segunda que incluye los estudios de ingeniería de detalle para la implementación de los diseños en las zonas rurales escogidas, así como de los laboratorios y el sistema de red inteligente en la Udenar.

Primeros resultados

En el primer año se están viendo resultados. Según el doctor Pantoja, se destaca la formulación de mapas energéticos detallados de Nariño en cuanto a potenciales solares, eólicos, de biomasa e hídricos.

También, dice el investigador, se han diseñado e implementado estaciones meteorológicas que serán instaladas en torres de medición en los 15 municipios objetivo del proyecto, que servirán para obtener datos reales para validar y proponer modelos y estimaciones de los recursos.

Se adquirirán sistemas prototipo de módulos fotovoltaicos, eólicos e hídricos y equipos de medición especializados para apoyar los estudios de generación de energía. Con estos se iniciará un laboratorio avanzado en Udenar para el desarrollo de la línea de investigación.

Para el diseño de una microrred en el campus de la Universidad se incluyó la caracterización de su estructura eléctrica actual, y se propuso incluir generadores distribuidos usando nuevos modelos de acople y optimización.

La idea es que exista una microrred con un circuito pequeño de almacenamiento y se puedan poner celdas solares, aerogeneradores y microturbinas para proveer energía.

Sobre esta microrred en el campus, el profesor Quijano anota que “incluye componentes tipo laboratorios para que el estudiante pueda jugar con el medidor, con la parte de la energía solar y entender los modelos para que se entusiasme por la energía y las redes inteligentes”.

Cuando se habla de redes inteligentes, dice Quijano, se hace referencia a que son automáticas y debe existir algún tipo de comunicación que permita el intercambio de información. Así se puede desconectar de la red y ser sostenible con la energía

Importancia de ALTERNAR para Nariño

Sobre el impacto de este proyecto en Nariño Andrés Pantoja explica: La alianza entre las entidades locales y un grupo de investigación de alto nivel de Uniandes ha permitido el desarrollo coordinado de actividades de campo, junto con investigación en maestría y doctorado. Esta sinergia fortalece la línea de gestión al permitir a los egresados de Udenar complementar su formación con estudios de maestría en Uniandes y el inicio de trabajos de varios grupos de estudiantes de pregrado. Además, se encuentran la propuesta de crear un programa de posgrado y un centro de investigación con base en esta línea de acción en la Udenar.



◀ Medición manual de inspección para identificación de potencial eólico en la isla de Bocagrande (Tumaco-Nariño).

que genere. “Los generadores distribuidos son, por ejemplo, un panel fotovoltaico o una turbina que pueda darme energía almacenada”.

Dentro de la investigación adelantada en Los Andes trabajan con conceptos más teóricos y de simulación en despacho de los generadores, es decir, cuándo deben encenderse y cuándo no dependiendo de unas curvas de carga que señalan si se necesita más o menos energía. Para el control han hecho trabajos de sincronización de generadores como microrredes aisladas.

Estas tecnologías sofisticadas permitirán iluminar zonas del país que han permanecido a oscuras por las limitaciones que, tradicionalmente, ha ofrecido el sistema de interconexión. El piloto de Nariño será pieza clave para implementarlo. ■

CONTACTO

Nicanor Quijano, ingeniero electrónico, doctor en Ingeniería Eléctrica y Computacional de Ohio State University, profesor asociado del Departamento de Ingeniería eléctrica y Electrónica, director del grupo GIAP. nquijano@uniandes.edu.co



Antonio García el ingeniero humanista

33

A lo largo de cuatro décadas ha sido un ferviente impulsor de la investigación y del trabajo multidisciplinario en electrónica, su área principal, y en Tecnología y Sociedad. Por sus múltiples aportes la Universidad le otorgó el título de Profesor Honorario.

La relación entre tecnología y sociedad es algo sencillo para Antonio García, porque la "Ingeniería sin sociedad no tiene sentido".

Con esta conciencia de llevar una solución tecnológica a la colectividad ha enfocado su trabajo de 40 años en la Universidad de los Andes. Paralelamente a su actividad en microelectrónica, en el Departamento de Ingeniería Eléctrica, ha trabajado en el área de Tecnología y Sociedad, en una fructífera relación entre las ciencias fácticas y las humanidades que puede producir mejores soluciones para el país.

Esa filosofía la ha seguido aplicando en distintos proyectos y cargos ocupados en la Facultad de Ingeniería, donde fue vicedecano y decano (1986-1989), creó y dirigió el Centro de Microelectrónica (CMUA) y ha escrito varios libros técnicos. Combina la pasión por lo tecnológico con su calidad de buen lector y melómano, reflejo de su cercanía con el humanismo.

Recientemente fue nombrado Profesor Honorario de Los Andes y será *Life Member*, título que otorgan al cumplir 100 años, resultado de sumar su edad (66) y el tiempo de vinculación al Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) (34 años). Además, es vicepresidente nacional de la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM) y miembro del consejo del capítulo IEEE Colombia de Circuitos y Sistemas.

Aunque está pensionado continúa teniendo a su cargo la *Revista de Ingeniería* y el próximo semestre dictará el curso *Del Bip al Tweet*, sobre el impacto de las telecomunicaciones en la sociedad, desde el telégrafo hasta Twitter.

Lo más importante de estos 40 años de labores fue haber vivido el cambio de Los Andes: de ser una universidad donde hacían consultoría para conservar un vínculo con el sector externo, a ser una universidad de investigación.

“La multidisciplinariedad es fundamental”

A partir de las charlas con profesores y estudiantes de distintas áreas, más que del trabajo formal y académico, comenzó su trayectoria por la investigación multidisciplinaria, una labor que ha perdurado. Su primer proyecto de este tipo, por ejemplo, surgió de una conversación en la cafetería a la hora del almuerzo con dos profesores de psicología que necesitaban mejorar las cajas de Skinner. Unas cajitas donde los ratones deben recorrer laberintos y si lo hacen bien, les dan comida; y si no, les aplican corriente. Desde entonces tenía claro que lo fundamental es entender las necesidades del otro y tratar de plantear soluciones que le sirvan.

Entre 1982 y 1985, cuando el decano era Ernesto Guhl y él vicedecano, impulsaron la primera reforma curricular que enfatizó la necesidad de mantener los cursos de humanidades como un elemento fundamental.

Su sensibilidad lo hace recordar con cariño las tertulias de don Ramón de Zubiría, donde era notoria la diversidad de pensamiento y donde reforzó su creencia en que es importante considerar las ideas de los demás para poder trabajar. También tiene muy presente el curso Mundo Contemporáneo, en los 80, en el cual profesores y estudiantes analizaban el acontecer diario.

Ese pensamiento también se plasmó en un proyecto con la Fundación Neumológica Colombiana, en cuyas salas de urgencias tenían varios dispositivos que suministraban diferente información, pero no podían unirlos porque cada uno estaba protegido por sus marcas. Para solucionar el problema generaron una interfaz local y con médicos, diseñadores e ingenieros desarrollaron un equipo que integrara todas las señales.

“Son muchos los ejemplos —dice— en que se ve la necesidad de que la tecnología no camine sola, sino de la mano de la sociedad que la necesita”. Para eso, el Grupo de Tecnología y Sociedad cuenta con economistas, historiadores e ingenieros, pues él cree que esta visión dará impulso a la Facultad de Ingeniería y la diferenciará de programas de otras universidades.

Algunas notas familiares

Antonio es melómano y un buen lector, pero aclara que en su casa la lectora es su esposa, Ana Emilia Vargas. Se lamenta de que ninguno de sus hijos sea ingeniero: Jaime Andrés (con quien por momentos trabaja en su oficina) es arquitecto de Los Andes, con una maestría en Paisajismo en Barcelona; Eduardo es antropólogo y economista y Laura es abogada y está trabajando con legislación sobre tecnología en la Universidad de Ottawa.



▲ “Lo más importante que me pasó es haber podido estar en el desarrollo de la Universidad. Fueron 40 años en los cuales pude crecer y ver crecer a Los Andes”, dice Antonio García.

Promotor de la microelectrónica

Su grupo de investigación ha sido el de Microelectrónica. Cuando en 1984 comenzaron a investigar en microcircuitos y chips, ese tema no se trabajaba en el país. Y no podían mandar a fabricar los chips en Estados Unidos porque esta era una tecnología clasificada del Departamento de Defensa. Por esta razón el grupo buscó apoyo en Europa y logró fabricar el primer chip colombiano con el apoyo de Colciencias. A partir de esta experiencia y de ver que el problema era común en Latinoamérica, se organizó un programa con varias universidades iberoamericanas, que compartía costos, herramientas y soporte de fabricación y que permitió el despeje de este campo en la región. Por esto, cuando celebraron los 100 años de la Universidad de La Plata (Argentina), les otorgaron la Medalla Conmemorativa a los promotores de ese proyecto.

Antonio García es egresado de Ingeniería Electrónica en la Universidad Javeriana y en 1976 se vinculó a Los Andes porque un amigo profesor que debía viajar le dijo: “Hola, reempláceme”. Ya pasaron 40 años en los que cada día ha puesto en práctica su filosofía de que ingeniería y sociedad van de la mano. ■

Yolanda Auza, de la ingeniería de sistemas a los libros

Después de ejercer durante 30 años la ingeniería de sistemas, esta uniandina cambió los chips, los circuitos y las reuniones con importantes empresarios y dirigentes, por el rostro de satisfacción de un cliente que lee en su librería y que, tal vez, compre un libro. Cada día aplica lo que aprendió en la Universidad.



▲ Las expectativas de Yolanda Auza se han superado: aunque diseñó un plan de negocios superpesimista porque todos decían las librerías no dan, ella quería darse gusto.

Cuando Yolanda Auza cumplió 26 años en Unisys era la gerente general para Latinoamérica. Pertenecía a diferentes juntas directivas y tal circunstancia le permitió hacer parte de Women Corporate Directors, integrada por mujeres de los más altos cargos de todo tipo de empresas. En Unisys, que ofrece servicios de tecnologías de la información en todo el mundo, había comenzado como analista y escalado posiciones gracias a “la consistencia en el hacer, el decir y el actuar”. Aunque amaba su profesión de ingeniera de sistemas, no dudó en renunciar en marzo del 2014 —cuando podía jubilarse— y cambiar radicalmente de actividad. Ahora su vida gira en torno a su librería Willborada, que nombró así por una santa suiza del siglo X, considerada patrona de los libreros y las librerías.

Cuando esta uniandina se inició en los años ochenta, Colombia empezaba a automatizarse. Participó en muchos de esos procesos que significaron darle alas al país, como la implementación tecnológica de la Ley 100 y la de pensiones, que impactaban fuertemente a la comunidad. En muchos casos, en Unisys, “tuvimos que partir de cero y esto me dio un profundo conocimiento de mi empresa y de las industrias que tenía que atender”.

Como Yolanda siempre ha entendido que un buen ingeniero de sistemas debe ser “tremendamente integral”, asumió así el trabajo de programación y poco a poco fue ascendiendo e involucrándose en todos los aspectos del negocio. Por eso, cuando renunció el gerente general para la Región Andina —Colombia, Venezuela y Perú— fue nombrada sin un proceso de selección previo y asumió unas tareas que conocía muy bien. Y sin embargo, se llevó una sorpresa porque eso que parecía dárselo naturalmente no sucedió. “En nueve meses no di ningún resultado, no hubo satisfacción del cliente, ni cumplí las tareas que se me encomendaron”. De pronto se dio cuenta de que otros estaban tomando las decisiones por ella. Corrigió el rumbo a tiempo gracias, entre otras cosas, a un curso de liderazgo de año y medio en el que la inscribió la empresa —ella era la única latinoamericana—, que le dio las herramientas para manejar todos esos temas de ‘misión crítica’. “Fue un gran aprendizaje”, recuerda, y esa expe-



Yolanda Auza cuenta que, en los años 80 todo era tan nuevo en tecnologías de la información que, por ejemplo, los comerciantes se preguntaban si el país podría, alguna vez, adoptar el código de barras.

riencia le sirvió cuando la nombraron gerente para Latinoamérica. En ese nuevo cargo representaba a su empresa en las juntas directivas de otras organizaciones. Las primeras veces que asistió a esas reuniones sintió cierta inseguridad porque se encontraba con gerentes de grandes compañías y se trataban temas fuera de su órbita profesional. Pero se dio cuenta de que aportaría un punto de vista diferente en los análisis. Los directivos nunca se sintieron amenazados, pero el éxito jamás se le subió a la cabeza.

¿Por qué se retiró? “Trabajé durante 30 años en sistemas y me pareció suficiente, y cuando tuve asegurada la pensión quise hacer otras cosas. Me gocé mi carrera, me apasionaba, me fascinaba resolver los problemas de los clientes, entenderlos. Adoré la parte técnica; lo gerencial tiene cosas positivas y otras muy duras, como despedir gente”.

Luego de que asistió al seminario *Reboot Your Life*, impartido por cuatro mujeres de Women Corporate Directors, supo que su vida daría un giro de 180° cuando se jubilara. Fijó sus ojos en hacer realidad la idea de fundar una librería que había rondado su cabeza desde hacía años. Y, a pesar de estar en el corazón del mundo de la informática, no pensaba que los *kindle* o las tabletas acabarían con los libros de papel.

Comenzó a ir a las ferias de libros y a hablar con libreros, empezó a entender sus propias debilidades y a aprovechar sus fortalezas. “Desde el principio, mi proposición de valor diferenciadora estaba centrada en que la gente se sintiera a gusto en este espacio y hoy dicen que el ambiente es delicioso. Y como no soy necesaria porque contraté a muy buenos libreros, tengo libertad, puedo viajar cuando quiera y sigo en las otras cosas que hacía cuando trabajaba en Unisys: las mentorías del Proyecto de Mitad de Carrera en la Facultad de Ingeniería y las de una organización internacional de emprendedores. También pertenezco a la Corporación Excelencia de la Justicia y el gremio de los libreros independientes me invitó a participar en la junta directiva de su asociación donde, gracias a mi trayectoria gerencial, también aportó un punto de vista diferente”.

¿En el montaje del negocio es más importante la experiencia de ingeniera o la de gerente? “Cuando me enseñaron sistemas me decían: tiene que entender qué entra, qué se procesa y qué sale. Eso sirve para toda la vida y ha sido fundamental para estructurar esta empresa. El manejo de las relaciones públicas me lo dio la gerencia, pero la pasión, en los dos casos, es equivalente”. ■

Más información <http://www.wilborada1047.com/>

Hablando con Julis

una voz para las personas con discapacidad

Además de ayudarles a hablar, leer o escribir a quienes no pueden, sus creadores quieren que esta aplicación simbolice una cruzada para que la sociedad cambie su percepción sobre la discapacidad. En reconocimiento a esa causa, la ingeniera industrial uniandina Daniela Galindo fue nombrada Innovadora Social del Año e Innovadora Menor de 35 Años, por la *MIT Technology Review*.

Daniela Galindo tiene 26 años y habla con la seguridad de una persona de mucho recorrido. Los duros golpes que ha recibido en la sociedad por la discapacidad de Juliana, su hermana menor, la han madurado y han afianzado su carácter luchador. Hoy es ingeniera industrial, se ha convertido en evangelizadora de los derechos de esas minorías y está segura de que hay que acabar con el imaginario de que quien es incapaz de comunicarse es bobo, no puede trabajar ni, mucho menos, ser independiente.

“Son personas inteligentes, no hay nada cognitivo, pero la educación para ellos está muy mal planteada y muy mal ejecutada —sostiene—. Cuando vemos a una persona con discapacidad, lo primero que hacemos es juzgarla, señalarla y decir ‘hasta ahí llegó’. Tiene 40 años y hablamos del niño porque muchas veces va pegado a su mamá, pero es producto de la mala educación”.

Los logros de Daniela han sido múltiples desde cuando en el 2006 su papá, Mario, un ingeniero civil, dibujó en una servilleta el proyecto de una herramienta que les permitiera comunicarse con Julis, como le dicen en la familia a la hija menor, que nació con una dificultad que le impide hablar. “Queríamos que pudiera



Foto cortesía Hablando con Julis

▶ Los usuarios de Hablando con Julis pueden hablar, leer y escribir gracias a esta solución creada en el 2008.

▶ Daniela Galindo Bermúdez es ingeniera industrial graduada en el 2011. Le faltaron dos semestres para terminar Ingeniería de Sistemas y Computación. En la foto, con su hermana Juliana, en quien se inspiró la herramienta tecnológica.



comunicarse, que fuera sola a la tienda a pedir lo que quería, que fuera al médico y expresara lo que sentía”, explica.

Las hermanas Galindo Bermúdez se llevan tres años y hasta ese momento casi no se conocían. Vivían juntas, sin otros hermanos y no podían comunicarse. Fruto de esa frustración y sufrimiento, pero también de la convicción de que las personas con discapacidad sí pueden, nació en el 2008 Hablando con Julis, una plataforma tecnológica para que Juliana se comunique y gane independencia. Al comienzo tenía 3.000 palabras y, aunque en el colegio les dijeron que ella nunca aprendería a leer ni a escribir, les permite acciones como chatear por WhatsApp. Hoy tiene 44.000 vocablos y más de 4.700 personas de 3 a 85 años en distintos países latinoamericanos han aprendido a hablar, leer y escribir, o han reforzado esas habilidades gracias a esta herramienta computacional.

La primera versión era muy casera y fue desarrollada con el apoyo de Juan Carlos Escobar—un ingeniero que trabajaba en la empresa familiar— y de la pedagoga Marcela Jiménez, licenciada

en educación especial que le daba clases particulares a Juliana. Los amigos y compañeros conocieron la aplicación y pidieron tenerla; tocaron puertas de empresas y la fabricante de circuitos integrados Intel los certificó en su programa *Intel Education* y les pidió ver cómo funcionaba con otras personas con discapacidad.

Así nacieron las aulas tecnológicas, primero en el colegio de Juliana y luego en otros. “Ellos nos habilitaban un aula y nosotros donábamos todo, el tablero inteligente, los computadores, el mobiliario. A cambio nos daban reportes bimestrales o semestrales del avance de cada persona y pudimos darnos cuenta de lo que debíamos mejorar. Empezamos a validar la solución y su parte pedagógica con una población mucho más grande”, relata Daniela. Esta segunda versión de Hablando con Julis fue patrocinada por la empresa Cisco Systems y por Give to Colombia, una entidad con sede en Miami que consigue recursos para desarrollar proyectos en el país. Ahí comenzó una carrera que, aunque no ha estado exenta de dificultades, ha sido exitosa.



- ▶ Eskale.com, tienda virtual de ropa y accesorios femeninos, fue creada para dar empleo a personas con discapacidad.

Cómo funciona

Hablando con Julis parte de un lenguaje universal, las imágenes. “Cuando vas a un país cuyo idioma no conoces estás en las mismas condiciones de las personas con discapacidad. No hablas, no lees, no escribes. Pero si en un restaurante muestras la imagen de una hamburguesa, ya supieron qué querías”, explica Daniela.

Por eso, idearon una plataforma que interpreta en imágenes, palabras y voces lo que el usuario quiere. En las partes superior e inferior contiene los grupos del vocabulario habitual de una persona (colores, animales, alimentos, deportes, ropa, sentimientos...); cada imagen está acompañada de la palabra escrita, de la pronunciación y de un video con lenguaje de señas. A la izquierda están las palabras rápidas (sí, no, estoy bien, estoy mal, quiero comer...) y a la derecha, las categorías gramaticales identificadas con colores (artículos en amarillo, verbos en verde, adjetivos en rojo...) porque los usuarios son muy visuales y así es más fácil construir frases.

Las ventajas

Daniela Galindo esboza con mucha seguridad las ventajas de Hablando con Julis frente a otras soluciones dirigidas a personas con discapacidades comunicativas:

1. Es comunicación total, promueve todos los sistemas en una sola herramienta. “Si no puedo hablar, Hablando con Julis lo hace por mí”.
2. Ayuda a ejercitar la pronunciación. Las voces no son robotizadas, sino grabadas por personas, lo que hace que sea mucho más clara.
3. Permite leer y escribir. Según estadísticas de la Organización Mundial de la Salud, el 87 por ciento de las personas con discapacidad no lo aprenden, pero no por falta de capacidad cognitiva, sino por falta de herramientas. “Es falso que no puedan como dicen muchas instituciones educativas, sino que la educación no está dirigida para que aprendan”.
4. Provee recursos comunicativos como atención, concentración y capacidad descriptiva y de observación.
5. No solo incluye la licencia, el software, la capacitación a la familia o instituciones, sino el seguimiento virtual o presencial.

6. Está pensada para gente de cualquier edad. “Otras soluciones se centran en los niños; el carro es un dibujo, pero cuando llegan a la adolescencia quieren ver modelos de verdad. Solo graficamos temas como los sentimientos; en los otros usamos imágenes reales”.

Lo que viene

Desde que salió al mercado, Hablando con Julis ha obtenido numerosos reconocimientos: Además del reciente de la *MIT Technology Review*, apoyado por Give to Colombia obtuvo el segundo lugar en la competencia Conectando lo Desconectado, organizada por Cisco Systems en Estados Unidos. También fue la única iniciativa suramericana para participar en el MassChallenge 2014, un programa de aceleramiento global para *startups* en el que compiten 43 países y quedó entre las cinco mejores iniciativas en tecnología y conectividad en Titanes Caracol.

Ahora sus esfuerzos se centran en conseguir apoyo para masificar el acceso a la plataforma pues, dice Daniela, el 82 por ciento de las personas con discapacidad viven en estratos 1, 2 y 3, y aunque sea muy barata, no pueden pagarla. El software, la capacitación para usarla y la valoración inicial cuestan 310.000 pesos y las clases mensuales valen 210.000 pesos. Por eso han conseguido padrinos, pero es insuficiente. “No me sirve entregar un CD, porque se queda guardado. La solución incluye capacitación y seguimiento y todo eso cuesta”, explica Daniela.

También quiere impulsar Eskale.com.co, una tienda virtual de ropa y accesorios femeninos lanzada recientemente para darles oportunidad de trabajar a los usuarios de Hablando con Julis. “La creamos porque muchos de los chicos terminan su aprendizaje con nosotros o están avanzados y se van a la casa a ver televisión o a hacer oficio porque no consiguen empleo —dice Daniela—. Juliana se ocupa de las importaciones y Antonio, otro de los usuarios, se enfoca en las ventas, con nuestra supervisión y asesoría”. Y concluye: “Primero tenemos que educar a la sociedad, a la familia, a cualquier persona que se acerque, para que los resultados se vean. La discapacidad está mucho en las personas que no la tienen porque desde el principio les impone limitaciones.” ■

Domicilios para llevar comida a la U



ComidaenlaU es una plataforma en línea que sirve de intermediaria entre estudiantes y restaurantes aledaños a las universidades de Los Andes y Javeriana.

40

Muchos estudiantes no salen a almorzar fuera de la Universidad porque no tienen tiempo o ganas de hacer fila en un restaurante para comprar un plato o encontrar una mesa. Al mismo tiempo, los negocios de comida no llevan domicilios porque no pueden elevar sus costos de personal sin tener certeza de que van a recibir los pedidos.

Para conectar a esas dos comunidades, cuatro uniandinos crearon ComidaenlaU, un servicio de domicilios prestado por estudiantes que intermedia entre los universitarios y los dueños de los restaurantes aledaños para que unos y otros ganen con la mayor oferta de productos o de clientes.

El emprendimiento se formalizó a finales del semestre pasado con una prueba piloto de tres semanas en Los Andes, y se extendió rápidamente a la Javeriana en la modalidad de franquicia. En julio ya había 15 restaurantes asociados y unos 20 estudiantes trabajando por horas como domiciliarios, aunque la cantidad y disponibilidad varían según la carga académica de cada uno. Además, para esa fecha ya estaban muy avanzadas las negociaciones para extenderlo a otras dos universidades.

ComidaenlaU es un negocio en línea que funciona desde una plataforma desarrollada por los ingenieros de sistemas y computación Andrés Felipe Suárez y Andrés Castillo, el economista Santiago Espinosa y el politólogo Andrés Méndez.

El sitio web contiene los precios y los menús de los restaurantes asociados para que el cliente haga el pedido y cuando lo



▲ Andrés Cifuentes, estudiante de Ingeniería Civil, entrega el pedido a Sue Ellen Pernet, estudiante de Ingeniería Electrónica.

recibe debe pagar por el servicio de domicilio 1.500 pesos por plato fuerte, si es en Los Andes, y 2.000 si es en la Javeriana.

Retos y sugerencias

Los antecedentes de ComidaenlaU se originan en un curso electivo de emprendimiento ofrecido por el pregrado en Ingeniería de Sistemas y Computación, en asocio con los departamentos de Ingeniería Industrial y Diseño. Este propiciaba un acercamiento de los estudiantes de Uniandes con la Universidad Minuto de Dios y en él les pedían desarrollar un proyecto tecnológico e incluyente.

El grupo en el que estaba Andrés Felipe Suárez trabajó en el diseño de un servicio de domicilios entre los restaurantes y Uniminuto, aunque no prosperó porque los estudios de mercado mostraron que era inviable, guardó la idea y siguió incursionando



▶ Santiago Espinosa, uno de los fundadores del emprendimiento, está al frente del negocio

en emprendimiento. De hecho, con Santiago Espinosa y Andrés Castillo ya había montado el *startup* lavalia.co, un negocio de ventas *online* por subasta inversa y había ganado un concurso organizado por la Facultad de Administración.

Esas experiencias las han aplicado en ComidaenlaU y ahora que están en proceso de formalizar la empresa, los socios mencionan lecciones aprendidas de las que se derivan propuestas para facilitar la formación de *startups*:

— Es necesario encontrar medios alternativos de manutención, pues pocos emprendimientos generan dinero desde el principio. En su caso, solo Santiago Espinosa se dedica de lleno a la plataforma y los otros reparten el tiempo entre empleos formales y su negocio propio.

— Los trámites legales relacionados con aspectos como el registro de marca son complejos y costosos. Hay que trabajar para que además de las buenas asesorías que ya existen, las ayudas se extiendan a otros estímulos económicos y fiscales, como la exoneración de algunos impuestos los primeros años, o la extensión de plazos para pagar tributos.

— Hay que redoblar los esfuerzos por convencer a los potenciales inversionistas de las bondades de invertir en empresas de tecnología. Aún persisten temores debido a la naturaleza intangible de lo que ofrecen. ■

Ontrack School, un ojo amigo para el transporte escolar

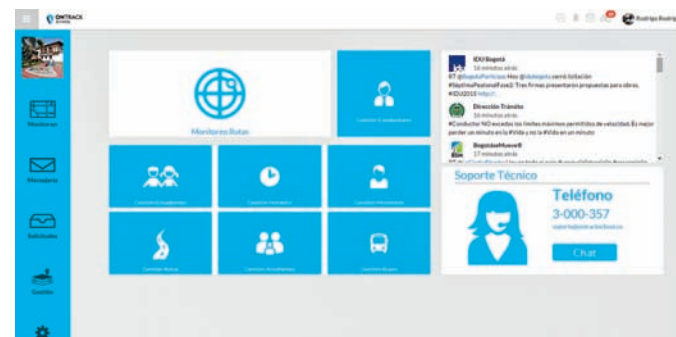


Desde agosto, ocho colegios de Bogotá usan esta plataforma para monitorear los buses que transportan a sus estudiantes. Sus creadores aspiran a que dentro de un año cualquier persona pueda utilizarla con los vehículos de su familia o empresa.

Un papá con un teléfono móvil, un conductor de un bus con una tableta y un colegio con una página web es lo que se necesita para hacerle seguimiento a una ruta escolar en una relación gana-gana: los papás ahorran tiempo porque salen al paradero justo antes de la llegada del bus o tienen la certeza de que el niño sí se montó en el vehículo que lo llevará a la casa de la abuela. Los conductores reciben indicaciones orales sobre la congestión en las vías, los minutos que faltan para llegar a un paradero y cuántos alumnos se bajarán allí o pueden reportar fallas mecánicas ocurridas en el trayecto. Y el colegio controla las rutas en tiempo

real, se entera de si un estudiante va a regresar porque nadie lo estaba esperando o envía a las familias anuncios de novedades en remplazo de las circulares de papel.

Esa es, en síntesis, la funcionalidad de *Ontrack School*, una plataforma de monitoreo de transporte escolar que desde agosto del 2015 están usando ocho colegios de Bogotá. Fue creada por



▲ La plataforma también ayuda a construir rutas inteligentes para que disminuyan los tiempos en que los niños están dentro de los vehículos. Ese fue un tema que Arturo Henao había investigado en su tesis de pregrado en ingeniería industrial.



▶ Rodrigo Fonseca, Arturo Henao y Daniel Rojas (de izquierda a derecha) sostienen que hay muchas soluciones de monitoreo de rutas basadas en GPS, pero no están especializadas en transporte escolar.

los uniandinos Arturo Henao, ingeniero de sistemas y computación e ingeniero industrial y Rodrigo Fonseca, ingeniero electrónico y matemático, y por Daniel Rojas, administrador de empresas de la Universidad Nacional.

Esta iniciativa tecnológica se basa en la tesis del pregrado en Ingeniería de Sistemas de Arturo, en la que propuso una aplicación móvil para que los padres de familia pudieran saber en tiempo real dónde estaba el bus escolar. Con ella ganó un concurso organizado por Nokia, empresa que se interesó en desarrollarla, pero no llegaron a un acuerdo.

En el 2010 los celulares no eran tan buenos como ahora y poca gente tenía planes de datos abiertos, por lo que Arturo guardó su idea. El momento de ponerla en práctica llegó en el 2013 cuando se asoció con Rodrigo y Daniel, tras terminar la maestría en Ingeniería de Sistemas en Los Andes, en la que se especializó en aplicaciones móviles guiado por la profesora Claudia Jiménez.

A finales del 2014, con la plataforma lista, visitaron jardines infantiles para proponerles hacer una prueba piloto antes de lanzarse a un *target* más complejo. Tres meses después, el 25 de febrero del 2015, cuando ya estaban operando, la Alcaldía Mayor de Bogotá expidió el Decreto 348 que obliga al transporte escolar a disponer herramientas de monitoreo de las rutas y *Ontrack School* ha aprovechado tan feliz coincidencia.

Los conductores, pieza clave

Ontrack School funciona con padres de familia, colegios y conductores y los esfuerzos se han centrado en estos últimos. No basta que aprendan a usar el dispositivo, sino que quieran hacerlo y que entiendan el beneficio que les trae. "Implica cambiar comportamientos de 20 o 30 años. Es un trabajo más social y de psicología que de ingeniería", advierte Arturo.

Igual de retador es convencer a los usuarios de comprar un sistema que puede costar una y media o dos veces más que uno basado en GPS, pero que es especializado en transporte escolar. La decisión la deben tomar muchas personas, pues los dueños de los vehículos están muy dispersos: cuatro por ciento pertenece a los colegios y el resto se contrata con terceros, pero la mayor parte de las empresas solo son afiliadoras.

Ontrack School trabaja para que dentro de un año cualquier persona pueda usar la aplicación para hacer seguimiento a otro tipo de vehículos, como los de la familia o la empresa en cualquier parte del mundo. Así mismo, antes de ofrecer la aplicación en la nube la preocupación es validar el servicio. Por eso, seguirá retroalimentándose de los papás, los conductores y los colegios. ■

Tres investigaciones relevantes para Colombia

Profesores y estudiantes adelantan proyectos para calcular un rango de mitigación de los gases de efecto invernadero, distribuir con eficiencia el suero antiofidico e idear un modelo para seleccionar materiales que disminuyan el desgaste de las turbinas de las hidroeléctricas.

43

Apoyo técnico para el diseño de escenarios de mitigación de gases de efecto invernadero con miras a definir la iNDC colombiana



Directora: Ángela Cadena

Grupos de investigación: Modelamiento y Análisis Energía Ambiente Economía (EAE), Potencia y Energía, Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental (CIIA) y Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional (SUR).

Descripción

Desde hace algunos años, un grupo de profesores de las facultades de Ingeniería, Economía y Administración de la Universidad de los Andes ha venido apoyando al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en la construcción de líneas base (proyección esperada) de emisiones de gases de efecto invernadero para los diferentes sectores de la economía colombiana. También, en la identificación de opciones de mitigación, evaluación de los potenciales de reducción y cálculo de costo-efectividad de las diferentes medidas. Adicionalmente han ayudado al proceso de consulta con ministerios, entidades, empresas, gremios y sociedad civil para el diseño de una estrategia de desarrollo bajo en carbono, en el marco de las propuestas de crecimiento verde y de una nueva economía climática.

Esta labor converge en este proyecto consistente en el apoyo técnico para definir la contribución nacionalmente determinada (o iNDC por sus siglas en inglés), para los siguientes 15 años, que propondrá Colombia ante la próxima Conferencia de las Partes que se realizará en diciembre en París; así como también el diseño de los mecanismos e instrumentos para implementarla.

El pasado 20 de julio el presidente de la República anunció que la contribución de Colombia sería una desviación del 20 %

de las emisiones esperadas en la línea base en el 2030. Esto es una reducción de aproximadamente 65 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Mt CO₂eq) en ese año. Para lograr esta meta, la reducción acumulada de emisiones en el periodo 2015-2030 alcanzaría la cifra del 10 % de las emisiones esperadas (de alrededor de 650 Mt CO₂eq). Este escenario fue estimado por la Universidad y considerado realista, pues es viable técnica y económicamente y, con algunos instrumentos habilitantes de política pública, es implementable. Durante el segundo semestre del 2015, además de refinar los cálculos y apoyar el proceso de divulgación del compromiso, el equipo se dedicará al diseño de los mecanismos e instrumentos que deberían ser puestos en marcha para garantizar que la contribución ofrecida a la comunidad internacional sea alcanzable.

Más información: Ángela Cadena, profesora asociada.
acadena@uniandes.edu.co extensión 2839.



Modelo para optimizar la atención por accidente ofídico en Colombia



Director: Juan Manuel Cordovez, con colaboración de Camila Renjifo, profesora de cátedra del Departamento de Ingeniería Biomédica

Grupo de Investigación: Biología Matemática y Computacional.

Descripción

La Organización Mundial de la Salud declaró el accidente ofídico como enfermedad desatendida porque los países no destinan los recursos necesarios para tratarla.

En Colombia ocurren cerca de 4.500 casos anuales de mordedura de serpiente, una cifra que supera la suma de la enfermedad de Chagas y la leishmaniasis para las que hay algunos programas gubernamentales. Un serio problema es que ni siquiera se dispone de suficientes viales (frascos con el suero antiofídico, la mayoría de ellos importados) para atender los accidentes. Además se distribuyen mal, de manera que al final del año en algunos hospitales sobran los antídotos, mientras que otros no cuentan con ellos cuando los necesitan.

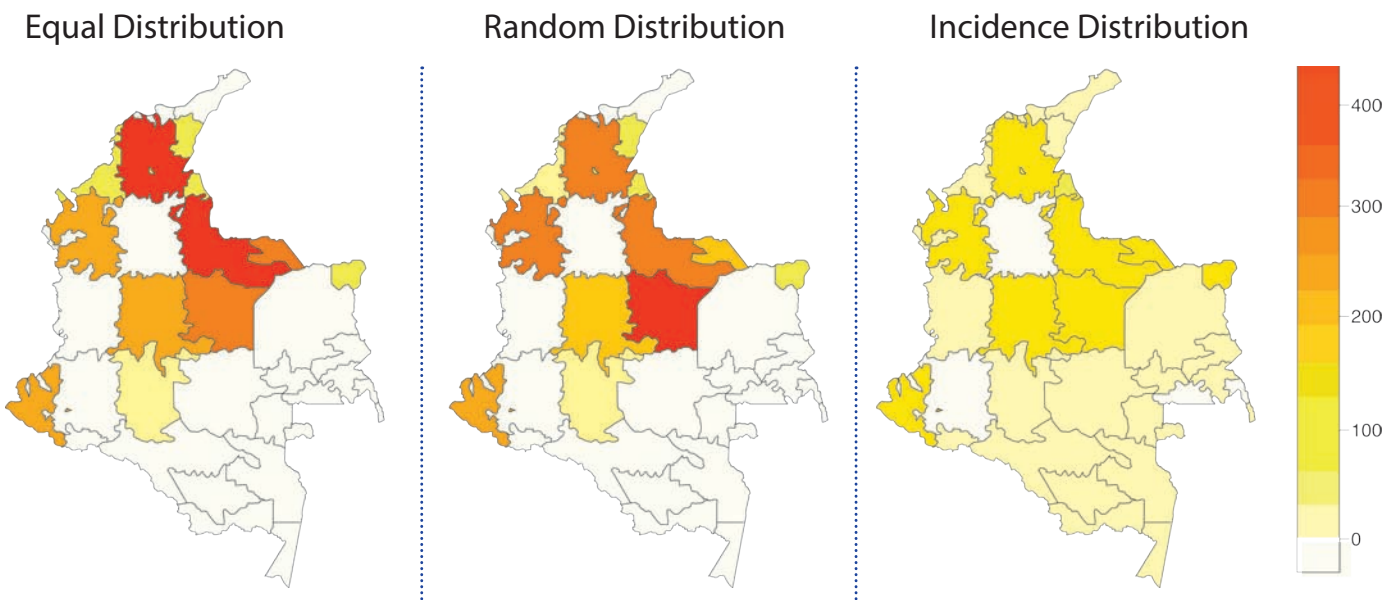
Para resolver el problema, investigadores de la Universidad de los Andes desarrollaron un algoritmo computacional que propone un modelo de distribución dinámica y eficiente de las cantidades limitadas de sueros que se manejan hoy. “Lo óptimo sería poder comprar tantas unidades como se necesiten, pero si no, hay que manejarlas adecuadamente —dice el profesor de Ingeniería Biomédica Juan Manuel Cordovez—. De poner en práctica nuestra herramienta podríamos reducir en 500 los casos anuales de muerte en Colombia”.

Ahora trabajan en incluir en el modelo factores climato-lógicos porque la ocurrencia de los accidentes ofídicos no es homogénea durante el año, sino que estos suceden en ciertas temporadas. También se busca mejorar la resolución de las celdas en que dividieron las regiones del país, para que la herramienta computacional pueda usarse en veredas y no solo en municipios.

En el equipo investigador participan cuatro estudiantes: Lorenzo Tapia, de la Universidad Estatal de Arizona (Estado Unidos) y los uniandinos Carlos Bravo (de Maestría en Ingeniería Biomédica), Juan Daniel Umaña y Pablo Cárdenas (ambos de pregrado en Ingeniería Biomédica).

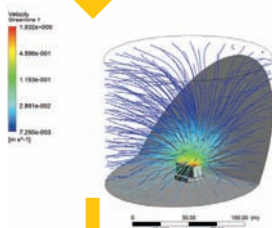
Más información: www.biomac.uniandes.edu.co
 Juan Manuel Cordovez, profesor asociado.
jucordov@uniandes.edu.co extensión 1824.

▼ Los mapas muestran el modelo de distribución del suero antiofídico basado en el algoritmo desarrollado en Los Andes. En el primero, es igualitaria, en el segundo es aleatoria y en el tercero según la rata de incidencia de los accidentes ofídicos. Las zonas marcadas en rojo indican el número de muertes.

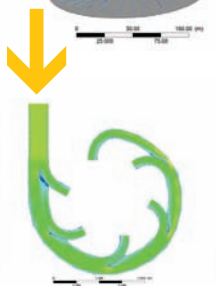




Los sedimentos presentes en el flujo erosionan las superficies.

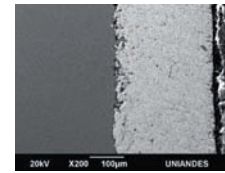
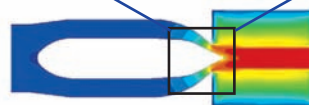
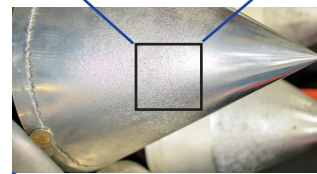
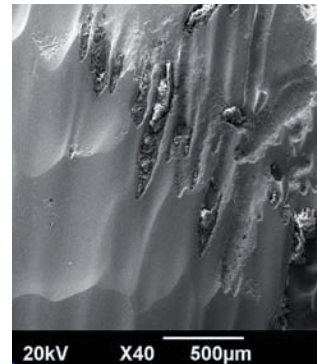


Agua del embalse ingresa por las bocatomas.



A través de la tubería de conducción llega al caracol.

El agua sale del caracol pasando por los inyectores.



Mejorando las propiedades de la superficie mediante recubrimientos y tratamientos termoquímicos se reduce la erosión.

En la punta del inyector se encuentra la aguja encargada de direccionar el flujo al rodete.

Desarrollo de modelo de desgaste hidroabrasivo para selección de materiales y procesos que disminuyan el desgaste en piezas de turbinas Pelton en hidroeléctricas colombianas



Director: Jairo A. Escobar G.

Grupos de investigación:

Materiales y Manufactura CIPP-CIPEM y Mecánica Computacional.

Descripción

El sistema eléctrico colombiano depende en buena parte de la generación hidroeléctrica y cubre el 70 % de la demanda interna. Las plantas hidroeléctricas enfrentan desafíos técnicos por la colmatación progresiva de los reservorios, pues el alto contenido sedimentario genera desgastes que obligan a parar las máquinas para hacer mantenimientos e impacta el sistema interconectado. AES Chivor, compañía de un grupo líder en el mundo en generación, reconoce cómo la problemática es particular para el país, debido a la naturaleza única de los sedimentos de los embalses y a la inexistencia de una solución global para este fenómeno.

La Universidad de Los Andes adelanta un proyecto enfocado en el desarrollo de un modelo hidroabrasivo que permita

pronosticar el desgaste de agujas y boquillas de inyectores de las turbinas Pelton. Para esto se han ideado modelos computacionales con los que se ha identificado la dinámica de las partículas suspendidas en el agua y su interacción con las superficies (desde que ingresan por las bocatomas hasta que son descargadas a la turbina) y que también sirven para determinar el mecanismo mediante el cual se da el desgaste.

Paralelamente, se está diseñando una solución para extender la vida útil de agujas y boquillas a partir de la selección de materiales y procesos que satisfagan los requerimientos físicos, químicos y mecánicos que impone el flujo de alta velocidad con partículas sólidas empleado para la generación. Para ello se usan técnicas como la nitruración por plasma y la proyección térmica mediante tecnología de HVOF (*High Velocity Oxy-Fuel*), y la solución desarrollada en el laboratorio se ha llevado nivel industrial en trabajo asociado con empresas como Tratar S. A., Proymet Ltda. y Pemarsa Oilfield S. A. El correcto funcionamiento de la alternativa seleccionada permitiría no solo reducir los costos operativos, sino aumentar el aprovechamiento del recurso hídrico y, por ende, el volumen de generación. ■

Más información: Jairo Escobar, profesor asociado.

jaiescob@uniandes.edu.co extensión 2904.



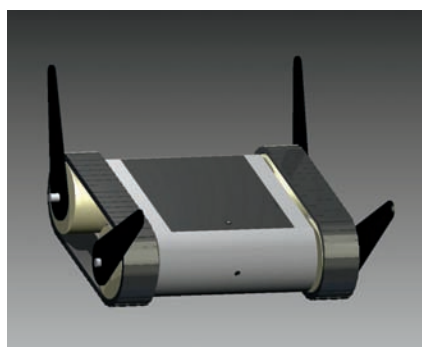
Robocol: del espacio a suelo colombiano

La experiencia en el diseño de vehículos de exploración espacial le ha sido útil a Robocol a la hora de desarrollar prototipos que le sirvan a nuestro país.

46

La historia de este grupo comenzó en el 2010, cuando Johan Sebastián Macías estudiaba Ingeniería Mecánica y decidió participar en Lunabotics Mining Competition (LMC) de la NASA con un robot o *rover* que pudiera recoger material del suelo lunar. Para ello buscó el apoyo de los profesores Carlos Francisco Rodríguez y Nicolás Ochoa de Ingeniería Mecánica y, con cuatro compañeros de ese Departamento y uno de Ingeniería Electrónica, formó el primer equipo Robocol. Desde entonces, con más estudiantes y mucho aprendizaje han participado en tres concursos de la NASA y uno patrocinado por la European Space Foundation (ESF).

En el 2012 y el 2013 también concursaron en LMC, en un terreno con obstáculos característicos de la superficie lunar como cráteres y grandes piedras. En la competencia, que se hizo hasta el 2013 porque la NASA la restringió a iniciativas estadounidenses, se evaluaban el resultado demostrado y aspectos de diseño y de la ejecución del proyecto: competencia de minería, documentación, presentación y demostración ante jueces de NASA y Caterpillar, realización de un programa



2015

◀ La construcción del ROV de exploración de desastres terminará pronto. Este es uno de los proyectos en que Robocol trabaja para poner al servicio del país.

educativo y de difusión, calidad del trabajo en grupo y espíritu deportivo. Del puesto 19 entre 71 en el 2011 pasó al 4 entre 50 en el 2013.

En el 2014, Robocol se presentó en el European Rover Challenge, también para universitarios, de la ESF. Este promueve el desarrollo de plataformas más versátiles capaces de cumplir con una serie de pruebas para la exploración marciana. El *rover* debe recolectar y analizar muestras de diversos tipos, transpor-

tar objetos de formas y tamaños irregulares, demostrar la destreza del prototipo al accionar diversos *switches* y válvulas, tomar mediciones de voltaje y hacer un recorrido a ciegas (sin cámaras). En esta ocasión obtuvieron el puesto 4 entre 11.



2014

◀ El cuarto *rover* fue diseñado por 26 estudiantes de los departamentos de Mecánica, Eléctrica y Electrónica, Civil y Diseño. Las pruebas de funcionamiento se hicieron en Colombia en un terreno similar al que enfrentarían en la competencia antes de viajar a Polonia al European Rover Challenge 2014. Resultado: 4 entre 11.

► El primer *rover* con el que Robocol compitió en el concurso de la NASA (2011) pesaba 80 kilos y no pudo hacer todas las pruebas que se exigían. En la foto, Johan Sebastián Macías Yepes y Andrés Latorre Sánchez cuando eran estudiantes de Mecánica, y Luis Emiro Linares García de Eléctrica y Electrónica.

▼ Robocol ha aprovechado las fallas como aprendizaje para mejorar sus modelos, asegura Carlos Francisco Rodríguez, mentor del grupo, vicedecano académico y profesor de Ingeniería Mecánica. El modelo con el que participó en el 2013 debía moverse en un espacio que simula el suelo lunar, excavar y recoger 10 kilos de material, en 10 minutos. Este *rover* fue el primero que logró cumplir con las tareas exigidas.



2012

◄ En el 2012 este *rover* obtuvo el puesto 9 entre 55 en el Lunabotics Mining Competition. Ganó el "Best Use of Social Media Award" y el tercer puesto en presentación y demostración.

Hasta el momento, los integrantes del equipo han desarrollado tres proyectos para el país: El primero, un ROV de exploración submarina para estudiar ecosistemas acuáticos, para observar naufragios, para remoción de basuras o para uso industrial como operaciones en plataformas petroleras en mar abierto. El segundo, diseñado con el Departamento de Ingeniería Civil, es un módulo para el sondeo de terrenos complicados en desastres. El tercero es la primera competencia Domo-botics, para estimular en los colegios el interés por la robótica. ■

Más información: <http://robocol.uniandes.edu.co/>

El Ingenioso



un periódico para comunicar a los futuros ingenieros

¿Tiene algo que decir un ingeniero sobre la paz en Colombia? ¿Cómo puede aportar en este tema? Acaba de salir un medio estudiantil para hablar de la función social de la Ingeniería.

tre los jóvenes de los diferentes departamentos de la Facultad", resalta.

Con ese visto bueno, María Alejandra se puso manos a la obra con cinco amigos que apoyaban su idea: Eduardo Galvis, de Ingeniería Industrial, en doble programa con Economía; Daniela Angulo y Luis Felipe Lucena, ambos de Industrial, y Daniel Cruz, de Civil. Hicieron una página de Facebook con tal éxito que, incluso antes de salir la primera edición de *El Ingenioso*, los temas posteados tuvieron entre 400 y 2.500 likes y comentarios. Este abrebocas les sirvió para sondear el interés de los futuros ingenieros de Los Andes y de otras universidades, donde han encontrado la misma carencia de un medio de comunicación. Aparecieron jóvenes de Ingeniería Química y de Civil y Ambiental, de varios semestres, dispuestos a colaborar.

Los profesores a quienes les expuso el proyecto también quedaron encantados. Además, cree María Alejandra, a ellos les permitirá saber qué tienen los estudiantes para decir, pues la conexión con los alumnos es principalmente alrededor de temas académicos y hay pocos espacios para discutir, en un

contexto menos formal, asuntos como la importancia de la construcción del túnel de La Línea o la viabilidad económica de una hidroeléctrica.

Los retos que enfrenta esta estudiante, que terminará su carrera en año y medio, son vincular cada vez más compañeros y que la publicación sea bien recibida para que cuando se gradúe, *El Ingenioso* siga adelante y se convierta en un referente en Uniandes y en otras facultades de Ingeniería en Bogotá y el país. ■



▲ María Alejandra Victorino, estudiante de Ingeniería Industrial, directora de *El Ingenioso*.

La idea de sumar Ingeniería y Periodismo rondaba a María Alejandra Victorino. Esta estudiante de octavo semestre de Ingeniería Industrial se había convencido de que en la unión de esas dos disciplinas se encuentra la fórmula para poner a pensar a sus compañeros en la función que deben cumplir en la sociedad. Por eso le parecía extraño que la facultad más grande de Los Andes no tuviera una revista hecha por los alumnos, al contrario de las demás de la Universidad. "¿Por qué un ingeniero opina tan poco si tiene un importante papel de transformación, especialmente en lo social? ¿No tiene algo que decir?". Estas preguntas se hicieron más frecuentes cuando, en sexto semestre, empezó a tomar la opción en Periodismo.

La posibilidad de hacer un periódico se presentó durante un ciclo de conferencias. Aprovechó que asistía el decano Eduardo Behrentz, le hizo una propuesta y él no dudó en apoyarla. Un mes más tarde, estaba sentada en su oficina mostrándole un boceto que estructuró con el director del Centro de Estudios en Periodismo (Ceper), Omar Rincón. De ahí surgió *El Ingenioso*, "un periódico que quiere revivir el espíritu del conocimiento al servicio de la sociedad y mostrarles a los estudiantes que se pueden hacer cosas por el país. También busca darles más visibilidad a sus trabajos y a sus grupos para establecer lazos en-

◀ Facsimil de la primera página del nuevo periódico estudiantil de la Facultad de Ingeniería.

Soluciones biosostenibles para procedimientos quirúrgicos

Seis estudiantes de Ingeniería Biomédica ganaron el concurso de Innovación de Ingeniería Biomédica, recibieron dos millones de pesos de premio y un cupo para representar a Los Andes en una competencia con equipos de prestigiosas universidades en Estados Unidos.



49

En el 2015, las dos semanas de exámenes finales del primer semestre y las vacaciones de mitad de año de Camila Yáñez, Laura Sánchez, Victoria Vargas, Carolina Hernández, Camilo Hernández y Felipe López tuvieron un ritmo inusual. Primero se prepararon para el concurso de Innovación del Departamento de Ingeniería Biomédica y, después, como ganaron, diseñaron otra propuesta para participar en el Coulter College, una competencia-programa de entrenamiento de cuatro días en Estados Unidos apoyada por la Biomedical Engineering Society (BMES).

Para el primer concurso, idearon ZipDrag, una bolsa con una especie de cremallera para tratar heridas abdominales que deben ser reintervenidas, tiempo durante el cual el abdomen permanece abierto, pero protegido por un plástico. Se propusieron crear un dispositivo alternativo a las dos soluciones existentes en el mercado: la Bogotá Bag y la VAC (*Vacuum Assisted Closure*). La primera es muy rudimentaria y ya casi no se usa, y la segunda cuesta cerca de 700.000 pesos por unidad y debe cambiarse cada vez que se accede al paciente.

ZipDrag está elaborada con el mismo material biocompatible de VAC, pero no hay que reemplazarla cada vez por su sistema de cierre y costaría unos 90.000 pesos si llegara al mercado (habría que hacer pruebas biológicas, patológicas y mecánicas con animales antes de llevarla a los humanos).

Camila, Laura, Victoria, Carolina, Camilo y Felipe fueron los únicos latinoamericanos en el concurso en Miami-Dade, en el que participan 20 equipos seleccionados en las mejores universidades de Estados Unidos. Estuvieron asesorados por el profesor Juan Carlos Briceño, director del Departamento de Ingeniería Biomédica, y el anestesiólogo cardiólogo Nicolás Fernández, residente en Orlando (Estados Unidos). Para llegar allá tuvieron mucho estrés y pocas horas de sueño, pero están felices de haberse sometido a ese ritmo inusual. ■



- ▲ ZipDrag fue desarrollado en solo dos semanas por Carolina Hernández, Camila Yáñez (doble programa con Ingeniería Química), Laura Sánchez (doble programa con Diseño), Victoria Vargas (doble programa con Medicina), Camilo Hernández (doble programa con Biología y opción en Administración) y Felipe López (doble programa con Medicina). En la foto, adelante, Carolina, Camila y Victoria; atrás, Felipe, Camilo y Laura.



- ◀ El sistema de cierre de ZipDrag permite tener varios accesos al paciente sin necesidad de reemplazar la bolsa cada vez.



El ingeniero del siglo XXI: sólida formación, ético y responsable

50

Con una actividad denominada “Una formación de calidad en Ingeniería, para el futuro” se celebran los 40 años de fundación de ACOFI. Sobre este tema habló el presidente de esta asociación, John Willian Branch.

Es importante fortalecer la formación ética y humanística de los estudiantes de Ingeniería, pues según la forma como resuelvan sus dilemas y enfrenten las decisiones en su futuro quehacer, impactarán a las comunidades de manera positiva o negativa. Por eso y porque están directamente involucrados en el desarrollo del país, los temas de esta profesión deberían ser cuestión de Estado y no de gobiernos.

Así opina el ingeniero John Willian Branch, presidente de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) y vicerrector de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. ACOFI celebra 40 años de fundada y del 15 al 18 de septiembre realiza su Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería (EIEI ACOFI 2015) en Cartagena. Por este motivo, CONTACTO habló con él sobre cómo se debe formar a los ingenieros en el contexto actual.

¿Qué tipo de ingenieros necesita el país?

Colombia requiere profesionales de la Ingeniería con una fuerte formación orientada al desarrollo del país, en los ámbitos que se consideran prioritarios. Algunos de ellos son infraestructura, sector agrícola y servicios. Es importante precisar el nivel de especialización requerido, ya que en muchos casos los programas de posgrado pueden atender cuestiones coyunturales y no de largo plazo.

Por otra parte, es importante que el ingeniero se esté actualizando en temas científicos y tecnológicos de su profesión; tener mentalidad para formular y gestionar proyectos y saber desenvolverse en la organización donde trabaje.

¿Los ingenieros que necesita el país tienen requerimientos parecidos a los de otras latitudes?

Deben tenerlos, dado que la competencia laboral ya no es con otra universidad de la ciudad, sino de cualquier parte del mundo. Por eso es importante fortalecer una formación científica y tecnológica, manejar otros idiomas, la capacidad de adaptación social, política y cultural. Además de las cuestiones propias de la disciplina, el ingeniero debe saber adaptarse a contextos diferentes a los de su comunidad.

¿Qué componentes debe tener la formación de un buen profesional en Ingeniería?

- Una fuerte formación en matemáticas y ciencias naturales enfocadas a la Ingeniería, dado que es su sustento.
- Una formación básica sin pretender abarcar todas las áreas de su disciplina.
- Son necesarios los conceptos de formulación de proyectos como elemento esencial y conocimientos y habilidades en temas administrativos, políticos y sociales.
- Es recomendable mirar que la Ingeniería es más que el pregrado y muchos elementos de formación estarán en el posgrado.

¿Cómo lograr una buena educación humanística y ética en el ingeniero? ¿Se deben fortalecer esos campos?

Una buena formación en el área humanística y ética parte de tener unos profesores con un comportamiento correcto, más allá de lo técnico de su asignatura. Para fortalecer este ejercicio es necesario promover las buenas prácticas de la Ingeniería en el aula, que el estudiante entienda los dilemas éticos y sociales



▶ John Willian Branch es ingeniero de minas y metalurgia y doctor en Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia.

a los que va a estar expuesto y comprenda que tendrán un impacto. Puede ser redundante, pero debe promoverse un ejercicio de profesión justo, leal y respetuoso y ejercer la profesión de forma honorable y responsable.

¿Es necesario un mayor acercamiento entre las facultades de Ingeniería del país, el Gobierno y la sociedad civil? ¿Cómo lograrlo?

Sí, de forma contundente. Desafortunadamente para los gobiernos en Colombia la Ingeniería es importante, pero no prioritaria. Algunas decisiones de desarrollo de país se hacen sin tenerla en cuenta y probablemente en muchos casos se puede ver afectada. Por ejemplo, varios de los acuerdos de libre comercio con otros países tienen capítulos específicos relacionados con Ingeniería y no fuimos consultados.

Es importante destacar el hecho de que la Ingeniería es una disciplina social, luego sus acciones afectan a la sociedad. La construcción de un acueducto, el impacto ambiental de una industria, el sitio por el que pasará una vía pueden cambiar categóricamente a una región, a un país.

¿Debería haber mayor acercamiento entre las diferentes ingenierías?

Es necesario. Proyectos exclusivos de una disciplina no existen. Además, es importante la interdisciplinariedad y el trabajo con otras áreas.

¿Cuál es el principal reto de las facultades de Ingeniería en las actuales circunstancias del país, en términos de jugar un papel en temas de pobreza, minería, infraestructura, industria, etc.?

El primer reto es satisfacer las necesidades básicas. No se puede hablar de desarrollo si en el 70 % del país hay dificultades para obtener agua potable. No es aceptable tener los mejores ingenieros, la mejor infraestructura, si la desnutrición en muchas regiones es cada vez más grande.

Desde la Ingeniería se pueden superar muchas de estas situaciones, pero deben promoverse los temas de la profesión como un problema de Estado, más que de Gobierno. En Estados Unidos, por ejemplo, la Ingeniería es un asunto de defensa nacional, lo cual la vuelve totalmente prioritaria. ■

Unidos como cuando bailaban *rock and roll*

Doce ingenieros graduados hace 50 años de la Facultad de Ingeniería de Los Andes, en medio de la alegría, los recuerdos y las anécdotas familiares, celebraron el reencuentro en la hacienda El Noviciado en Cota.

Para algunos cinco décadas era mucho tiempo, para otros fue simplemente un motivo nuevo para reunirse dentro de esa amistad de medio siglo en que se alcanzaron las metas laborales y personales. Siguen tan unidos como cuando bailaban *rock and roll* en 'La caneca' o estudiaban para un parcial.

Los ingenieros de la promoción de 1963 terminaron los tres años iniciales de estudio en Bogotá, antes de partir a la universidad estadounidense donde cada uno debía cursar los últimos dos años de su carrera. Alberto Burbano se fue para Illinois, Fernando Valencia para Minnesota, Guillermo Prada eligió MIT y Jaime Flórez se decidió por Pittsburgh.

Son cuatro de los 12 colegas que en mayo pasado asistieron a un gran almuerzo campestre para celebrar los 50 años de egresados en la hacienda El Noviciado, a las afueras de Bogotá. Algunos, como Gonzalo de la Hoz, quien reside en Madrid, llegaron de distintas partes del mundo. Y desde Miami se conectó vía Skype José Offmann, egresado de MIT, y el profesor Alberto Schotborgh se unió a la reunión vía telefónica.

Durante el encuentro recibieron del Vicedecano Académico de la Facultad, Carlos Francisco Rodríguez, un reconocimiento firmado por el rector Pablo Navas, felicitándolos por ser una generación de ingenieros al servicio del país, colegas incondicionales y profesionales íntegros.

Recuerdos universitarios

Cuatro egresados de la promoción 50 años conversaron con CONTACTO sobre la enseñanza más importante que les dejó la Facultad, lo más grato de la vida universitaria y los recuerdos que atesoran.

Francisco Escobar

La enseñanza más importante fue que aprendí a estudiar e investigar por mí mismo y a responder por las obligaciones que tenía como integrante de un curso. Eso es invaluable. A través de 50 años de vida profesional ha sido un apoyo para vencer los *challenges* como ingeniero y en la vida diaria.

Lo más grato en la Universidad fueron los compañeros y los profesores tanto en Colombia como en Estados Unidos. Además la deliciosa irresponsable responsabilidad que significa tener que estudiar, obtener buenas notas y nada más. Pensar en obrar rectamente.

Otro recuerdo inolvidable es que dentro de los debidos márgenes de comportamiento, mi compañero de colegio ya fallecido, Rodrigo Querubín, se incomodaba al sentirse llamado por

nuestro ilustre matemático de mucho tiempo *monsieur* Yerli, como señor Curubin.

Guillermo M. Prada

¿Qué nos enseñó? Es interesante que esta pregunta la discutimos entre los asistentes a la reciente reunión y llegamos a la siguiente conclusión:

Durante nuestros años en la Universidad, el método de instrucción era que el estudiante tenía que venir a la clase preparado para explicar el tema y problemas de ese día. El rol del profesor era guiar, corregir y expandir lo que presentábamos.

El resultado que ese método, aunque muy difícil al principio porque veníamos de colegios donde el papel de los profesores era hablar y el de los estudiantes escuchar, fue que nos hicieron autosuficientes.

Me gustaba que la Universidad era pequeña. Contaba con unos 1.100 estudiantes en todas las carreras. Nos conocíamos todos y desarrollamos amistades duraderas con personas de Economía, Bellas Artes y Filosofía, entre otros.



▲ Como en las mejores épocas de la Universidad, los egresados celebraron con un almuerzo campestre en El Noviciado.

Carlos Helí Gómez

Lo más importante que me enseñó la Universidad, a través de la Facultad de Ingeniería, fue a pensar.

Lo más grato fue el contacto con muchos nuevos compañeros y la aproximación a la vida práctica que no había tenido antes. No puedo dejar de recordar amables momentos y enseñanzas que nos dejó don Ramón de Zubiría.

Conservo como un buen recuerdo la pertenencia a la Fraternidad Upsilon Alpha durante mi paso por Los Andes.

Ernesto Guhl Nannetti

Cincuenta años son muchos, pero todavía quisiera tener un largo e interesante camino por recorrer. La lección más importante fue aprovechar el tiempo con entusiasmo y la pasión por el conocimiento, la creatividad y el trabajo que le dan sentido a la vida. Todos los días trato de aprender algo y de ser útil a los demás. El lema de nuestra Universidad de que hay que ir más allá de lo que corresponde de acuerdo con la ley ha estado presente en mi carrera.

Lo más grato fue estar expuesto a aprender y disfrutar no solo las disciplinas de las ciencias 'duras' y la ingeniería, sino de las humanidades, con un grupo muy variado y amigable de diversas

carreras y con profesores de gran nivel, ¡a veces difíciles y muy exigentes! El entorno de la universidad y sus muy austeras instalaciones tenían el gran encanto de ser el principio de un ideal que se ha ido consolidando con el tiempo.

Un recuerdo importante es que los salones donde teníamos las clases de dibujo y perspectiva eran grandes espacios muy básicos con pisos entablados donde había sido el comedor de la cárcel de mujeres. Cuando alguien caminaba temblaban y con ellos las mesas de madera en que dibujábamos. Las planchas eran un ejercicio de precisión y cuidado pues las hacíamos a mano alzada con lápiz o tinta china con díngrafo y reglillas. Eran condiciones muy poco apropiadas, incomparables con las comodidades de hoy, lo cual nos ayudó a buscar cómo trabajar en situaciones difíciles y a encontrar maneras para superarlas. Nuestro profesor Alberto Schotborgh y sus monitores eran muy exigentes para que los empates entre líneas, la letra y la presentación de las planchas y figuras fueran impecables. Una consecuencia fue entender que a pesar de las dificultades, propias del ejercicio de la ingeniería en Colombia, hay que dar lo mejor y tener la voluntad para que las tareas queden bien hechas. ■



Alianza con los Países Bajos en temas hídricos



54

▲ El embajador de los Países Bajos, Robert van Embden, saluda al rector de Los Andes, Pablo Navas, durante la firma del convenio oficial el pasado 24 de julio. En el acto participó el decano de Ingeniería, Eduardo Behrentz.

Con el objetivo de trabajar en el desarrollo de sistemas hídricos se creó la Asociación Académica de Investigación (Academic and Research Partnership, ARP), de la que hacen parte la Facultad de Ingeniería de Los Andes y sus pares de las universidades del Norte, del Valle y de Antioquia. La nueva asociación cuenta con el liderazgo y acompañamiento de los Países Bajos, cuyo vínculo con Los Andes data de hace 30 años.

La ARP será liderada por el profesor Juan Saldarriaga, del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

de Los Andes. Además de las universidades colombianas mencionadas, participan Wageningen University, TU Delft, UNESCO-IHE y Deltares, instituciones holandesas expertas en ingeniería hidráulica, con experiencia en el caso colombiano. Las actividades comienzan con un curso sobre hidráulica en sistemas urbanos, patrocinado por el Latin American Development Bank –CAF– y con una investigación interinstitucional para diseñar un plan de gestión de las fuentes de agua de la región central del departamento del Magdalena.

APOYO LOGÍSTICO A INVESTIGACIONES

Desde septiembre del 2014 empezó a funcionar la Oficina de Soporte a Proyectos, a cargo de la ingeniera civil uniandina Ana Paola Ozuna, que asumió la parte administrativa de proyectos de investigación con financiación externa y consultoría especializada. La oficina gestiona la oportunidad, es decir, suministra la información que el investigador necesita para proponer un proyecto, y efectúa la exploración legal y financiera.

Para un seguimiento más cercano pretende adoptar tableros de control y cuenta con un CRM para manejo de las relaciones con los clientes externos e internos.

Además, tiene el compromiso de generar información útil para propósitos estratégicos: consolidación de la base de datos de investigaciones, socios, resultados y lecciones aprendidas.



El mito de la neutralidad moral del ingeniero

En un nuevo ciclo de Reencuentro con los Docentes, un espacio dedicado a acercar a los egresados con sus profesores, Camilo Olaya habló de “El mito de la neutralidad de la tecnología: la irresponsabilidad moral del ingeniero industrial”.

El profesor argumentó que no hay nada más errado que ver el oficio como “una cuestión técnica”, cuando se trata de “una rama de la filosofía moral por su compromiso con la acción”. Olaya es investigador y consultor en ingeniería de sistemas públicos con interés especial en el diseño organizacional y de políticas en seguridad, justicia y crimen.

El evento tuvo lugar en la sede nacional de Uniandinos.



BLOODOX EN SRI LANKA Y NORUEGA

Los adelantos alcanzados con el hemosustituto "Bloodox" por el investigador Juan Carlos Briceño, director del Departamento de Ingeniería Biomédica de Los Andes, fueron dados a conocer al mundo por la agencia Reuters. Dos informativos de Sri Lanka y Noruega publicaron recientemente la noticia sobre este estudio y las posibilidades de ser utilizado de manera temporal en caso de accidentes o cirugías mayores donde ocurra pérdida de sangre.

El periódico *News1stdigital* de Sri Lanka tituló "Ingenieros biomédicos desarrollan innovador sustituto de la sangre que se utilizaría en transfusiones".

La nota señala: "Un equipo de ingenieros biomédicos de la Universidad de Los Andes en Bogotá (Colombia) está desarrollando un sustituto de la sangre potencialmente innovador que podrá ser utilizado en las transfusiones".

Por otra parte, en Noruega, el informativo *Abc Nyheter* publicó que "en una universidad en Colombia están trabajando con algo que esperan sea valioso en situaciones en las que hay una escasez de sangre".

Ver la nota completa en:

<http://www.abcnyheter.no/livet/helse/2015/07/11/194410076/hvitt-blod-kan-redde-liv-i-krisesituasjoner>

Reconocimientos

SHOULD I?, UN SERVICIO PARA TOMAR DECISIONES



▲ Durante un año, a partir del segundo semestre del 2015, Felipe, Nicolás, Sebastián y Mario (de izquierda a derecha) aspiran a desarrollar la herramienta que les garantice que esos datos serán relevantes para el usuario.

Una propuesta para crear una plataforma que responda sí o no a la pregunta de un usuario acerca de si debería comprar, viajar, invertir... fue ganadora del primer puesto del concurso de Innovación del curso Proyecto de Mitad de Carrera (PMC), organizado por la Facultad de Ingeniería el semestre pasado. Los autores son los estudiantes de Ingeniería de Sistemas y Computación Nicolás Chaves (en doble programa con Administración y opción en Historia del Arte), Mario Hernández (en doble programa con Ingeniería Electrónica), Sebastián Flórez (con opción en Emprendimiento de la Facultad de Administración) y Felipe Otálora.

Should I? es una plataforma de servicio que pretende combinar el perfil del usuario y sus preferencias con información de diferentes fuentes como redes sociales, motores de búsqueda y publicaciones de prensa para clasificarla con criterios de relevancia y confiabilidad. De esta mane-

ra, podrían simular el juicio de valor de la persona cuando consulta muchos datos y en pocos minutos le responderían a la pregunta de "si debería hacer esto o aquello".

Durante el curso PMC, los estudiantes elaboraron un prototipo muy básico tomando como ejemplo la compra de un carro y durante un año más, gracias al premio, buscarán perfeccionarla para incluirle módulos automáticos sobre otras opciones como viajes o inversiones financieras. Para ello contarán con asesoría personalizada de José Tiberio Hernández, profesor del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, y de los fundadores de DataTraffic. Esta empresa les entregó tres millones de pesos que podrán usar en el desarrollo del modelo.

Para el montaje de la plataforma utilizan teorías matemáticas complejas, fundamentos de *machine learning* y procesamiento de grandes volúmenes de datos (*Big Data*), entre otras herramientas.

Reconocimientos

BECA ROBERTO ROCCA

El estudiante de Ingeniería Electrónica y Física Germán Felipe Giraldo y la estudiante de Ingeniería Industrial María Isabel Vera recibieron 1.500 dólares cada uno para ayudar a pagar sus matrículas en Los Andes. Por medio de la empresa Tubos del Caribe, ambos fueron reconocidos con la beca del Roberto Rocca Education Program, establecida para honrar la memoria de quien fue presidente de Technit. Esta se entrega a estudiantes y graduados de Ingeniería y Ciencias Sociales en distintos países, con el patrocinio de las compañías de ese grupo italiano, Tenaris, Ternium y Technit.



Nombramientos

Renuevan nombramientos en la Decanatura y dos departamentos



Decano de la Facultad de Ingeniería

Eduardo Behrentz Valencia continuará al frente de la decanatura de la Facultad de Ingeniería por dos años más por decisión de la Rectoría. De igual forma, Juan Francisco Correal y Harold Enrique Castro se mantendrán como directores de los departamentos de Ingeniería Civil y Ambiental y de Ingeniería de Sistemas y Computación.

Eduardo Behrentz es ingeniero civil y magíster en Ingeniería Ambiental de la Universidad de los Andes, y doctor en Ciencias e Ingeniería Ambiental de la Universidad de California, Los Ángeles (UCLA). Entre sus objetivos está continuar generando nuevos cursos de pregrado en formato semipresencial para mejorar la oferta académica. También busca aumentar y fortalecer el reconocimiento de la Facultad y sus profesores en el sector profesional de la ingeniería colombiana.

Nuevo apoyo para la Decanatura

Laura Ramírez Ramos, ingeniera civil y magíster con énfasis en ingeniería y gerencia de la construcción, fue nombrada coordinadora de proyectos académicos. Su función es planear, gestionar, asesorar y controlar los procesos administrativos y de investigación relacionados con los proyectos académicos internos y externos liderados por el decano Eduardo Behrentz. También debe coordinar la logística de eventos especiales y contribuir a definir e implementar cursos semipresenciales.



Nuevo director del Grupo de Mecánica Computacional

El profesor asistente del Departamento de Ingeniería Mecánica, Omar Darío López llega a este cargo en remplazo de Orlando Porras. Es ingeniero mecánico de la Universidad Industrial de Santander (UIS), magíster en Ingeniería Mecánica de Los Andes y doctor en Simulación de Flujos Turbulentos de la Universidad de Texas. Las áreas de trabajo del Grupo de Mecánica Computacional son la mecánica de fluidos, la transferencia de calor y masa, la termodinámica, la combustión y la mecánica de sólidos.

BEST EJOR REVIEW PAPER

Andrés Medaglia, director del Departamento de Ingeniería Industrial, y Víctor Pillac, egresado del doctorado de Ingeniería de Uniandes, obtuvieron el EURO Award 2015 al Best EJOR Review Paper. Este se otorga por la votación de un panel de jurados que evalúa los artículos (*reviews*) publicados en años recientes en el *European Journal of Operational Research*. Los galardonados recibieron el premio el 15 de julio en el marco del 27 Congreso Anual de la Asociación de Sociedades Europeas de Investigación Operativa.



Víctor Pillac



Director del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Juan Francisco Correal es ingeniero civil de Los Andes, con doctorado en Estructuras de la Universidad de Nevada, Reno (Estados Unidos) y actualmente preside la Asociación de Ingeniería Sísmica (AIS). Entre sus metas está contratar nuevos profesores y revisar el currículo de los programas para lograr una mejor articulación del pregrado y el posgrado y diferenciarlos de otros existentes en el país.



Director del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación

Harold Enrique Castro es ingeniero de sistemas y computación de Los Andes y tiene una maestría y un doctorado en Informática del Instituto Nacional Politécnico de Grenoble (Francia). Dirige el grupo de investigación de Comunicaciones y Tecnología de la Información (Comit) y es investigador y consultor en las áreas de infraestructura de redes de informática, *cloud computing* y computación móvil. Entre sus objetivos están la creación de un doctorado para fortalecer la capacidad de investigación, así como formalizar la relación con el sector externo.

Hernando Vargas, en el Consejo Superior

Desde el primero de julio, Hernando Ignacio Vargas, profesor titular de los departamentos de Ingeniería Civil y de Arquitectura, pertenece al Consejo Superior de la Universidad, como uno de los representantes de los docentes. Está vinculado a Los Andes desde 1973, dirige la Mesa VIS – Diego Echeverry Campos y ha dirigido los grupos de investigación de Historia de la Técnica Constructiva en Colombia y Gerencia de Proyectos en Ingeniería. Es miembro honorario de la Sociedad Colombiana de Arquitectos.



Nombrado mensajero Jeisson Ferney Moncada Posse

fue nombrado recientemente auxiliar de mensajería de Ingeniería. Además de su trabajo de apoyo a la Facultad, estudia último semestre de Asistencia Gerencial en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca y cursó Administración en el Sena.

Lo que pasó



David Luna, ministro TIC, en la instalación del foro.

II FORO DE CIBERSEGURIDAD Y CIBERDEFENSA

Entre el 3 y el 6 de agosto, expertos nacionales e internacionales discutieron sobre tendencias y retos en la lucha contra el cibercrimen y los ciberataques. Coincidieron en que la cooperación es clave para la seguridad cibernética y advirtieron que las estrategias deben ser multinivel para actuar en lo local, en lo regional y en lo internacional, pues la tecnología avanza más rápido que la legislación.



SEMINARIO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN EN GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN SEIN2CO

Ante más de 400 asistentes, entre el 9 y el 10 de julio del 2015, expertos de España, Chile, México, Estados Unidos, Nueva Zelanda, Brasil y Colombia debatieron sobre la gestión de proyectos de construcción y los retos que enfrenta la industria AEC (Architects, Engineers and Constructors). El evento fue organizado por el Grupo de Investigación en Ingeniería y Gerencia de la Construcción (Ingeco) de la Universidad de los Andes y la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol) y en él hubo charlas sobre construcción sostenible, *integrated project delivery*, *lean design*, *bulding information modeling* e innovación.

Más información: <https://ingenieria.uniandes.edu.co/actualidad/noticias/815-construccion-innovadora-y-sostenible-en-sein-co>

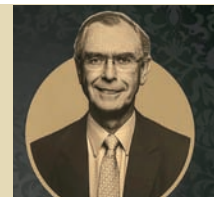
CHARLA CON DOMINIQUE VINCK



El pasado 5 de agosto, este doctor en Socioeconomía de la Innovación y profesor invitado a uno de los cursos de la Especialización en Diseño y Gestión Social de la Tecnología presentó en Los Andes su nuevo libro *Ciencia y sociedad*. En él expone diferentes formas de articulación entre ambas y ayuda a comprender cómo la sociedad y las personas con poder decisorio fuerzan al desarrollo de las ciencias y de las técnicas. Dominique Vinck es profesor de la Universidad de Lausana (Suiza).

Más información: <https://ingenieria.uniandes.edu.co/actualidad/eventos/816-charla-con-el-ph-d-dominique-vinck>

Tercer ciclo de Grandes Emprendedores de la Ingeniería Colombiana



El ingeniero industrial uniandino Alberto Espinosa, cofundador y miembro de la Fundación Empresarios por la Educación y autor del libro *Ser para liderar* (2011) fue el tercer conferencista de este ciclo de conversaciones organizado por la Facultad. En estos espacios se habla sobre la importancia del emprendimiento y el liderazgo en el ejercicio profesional de la ingeniería. La conversación con Espinosa tuvo lugar el primero de septiembre.

Foros ISIS en Gestión de Servicios de TI y arquitecturas cloud

El Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación organizó dos Foros ISIS: en Gestión de Servicios de TI y en arquitecturas para escalar en la nube. En el primero, 16 de julio del 2015, gerentes y directivos del área de tecnologías de información analizaron el impacto de la externalización y el rápido surgimiento de servicios en la nube. Entre los conferencistas

estuvieron Jack Probst de la empresa Pink Elephant; los profesores Jorge Arias y Óscar Ávila, de la Maestría en Ingeniería en Arquitectura de Tecnologías de Información, y César Botero, CIO de Alpina. En el segundo, el 17 de junio, se discutieron las estrategias más adecuadas para que las aplicaciones web sean elásticas y sin que se afecte la calidad del servicio.

Lo que viene

XII CONGRESO NACIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA

Del 25 al 27 de noviembre de 2015 tendrá lugar el XII Congreso Nacional de la Infraestructura en el Centro de Convenciones Cartagena de Indias. Se espera la asistencia de cerca de 3.000 empresarios nacionales y extranjeros que deliberarán en torno al lema "Nuevos horizontes: Plan Maestro 2015-2035". Al encuentro han sido invitados el presidente Juan Manuel Santos, el vicepresidente Germán Vargas Lleras y los expresidentes de México Felipe Calderón y de Chile Sebastián Piñera.

HPVC COLOMBIA 2015

El Departamento de Ingeniería Mecánica organiza el Human Powered Vehicle Challenge (HPVC), una competencia que pone a prueba la capacidad de diseño de estudiantes de Ingeniería, aplicada a vehículos de tracción humana (VTH) como alternativas de movilidad sostenible. El concurso fue instaurado por el Human Powered Vehicle Challenge Committee de la American Society of Mechanical Engineers (ASME). El Capítulo Uniandes de ASME tiene a su cargo este evento que tendrá lugar el 15, 16 y 17 de octubre de 2015.



V CONGRESO COLOMBIANO Y CONFERENCIA INTERNACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE Y SALUD PÚBLICA – II CMAS CONFERENCE LATIN AMERICA

Durante los días 12, 13 y 14 de agosto del 2015 se llevó a cabo en Bucaramanga el V Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad del Aire y Salud Pública (Casap), organizado por la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Santander. Expertos de Colombia y el mundo dieron a conocer el estado del arte de la salud ambiental, el estudio y control de la contaminación del aire, la modelación y la implementación de políticas públicas en estos temas. La Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes participó con una delegación encabezada por el decano Eduardo Behrentz y presentó diversos trabajos elaborados por los investigadores del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, entre quienes se destacan los profesores Ricardo Morales, Juan Felipe Franco y la estudiante doctoral Mónica Espinosa.

▲ Equipo académico y de comunicaciones de la Facultad de Ingeniería durante la quinta versión de Casap 2015. De izquierda a derecha: Mónica Espinosa, Miguel Quirama, el decano Eduardo Behrentz, Manuela Valenzuela, Catherine Juvinao, Lorena Méndez y Mónica Meléndez.



Radiografía según la Veeduría Distrital

La Facultad de Ingeniería y la Facultad de Arquitectura y Diseño organizaron el foro "Radiografía de ciudad sobre cumplimiento POT Visión 2000-2016", que tuvo lugar el 21 de agosto del 2015 en la Sala de Consejo del Edificio Mario Laserna. En el evento la veedora distrital, Adriana Córdoba, expuso las conclusiones del diagnóstico del cumplimiento de las metas y propósitos de los planes de ordenamiento territorial para ese período. Asistieron candidatos a la Alcaldía Mayor de Bogotá, expertos, medios de comunicación y sociedad civil.



Trabajos de grado destacados

Andrés Mauricio Peña Álvarez

Ingeniería Electrónica, promedio **4.82**

Asesores: Mario Valderrama,
Fredy Segura y Juan Manuel López
(estudiante de doctorado)

“Desarrollo de una interfaz cerebro-máquina basada en el análisis de electroencefalografía y potenciales visuales evocados en estado estable”

Este proyecto desarrolló algoritmos para controlar un objeto mediante la lectura y traducción de señales cerebrales, en este caso de electroencefalografía, sin que medie interacción directa entre la persona y ese objeto. El movimiento se logra al detectar la sincronización de las frecuencias de las señales registradas en el cerebro del observador con las de cuatro figuras geométricas que titilan a frecuencias diferentes en una pantalla de computador. Para ello, a la persona le colocan dos electrodos (uno en la parte frontal y otro en la occipital) y puede mover el objeto solo con mirar alguna de las figuras. En la tesis se trabajó con un carro que el usuario desplazaba a la izquierda, a la derecha, adelante y atrás, pero se podría aplicar al puntero de un mouse o un cuadróptero (especie de dron).

Aunque hay algoritmos mucho más avanzados para comunicaciones en los ámbitos militar, médico y de videojuegos, lo novedoso de la tesis es que lo hicieron en la Universidad. “Fue una oportunidad para revalidar la fiabilidad del sistema de registro de señales desarrollado por el estudiante de doctorado Juan Manuel López. El mínimo número de electrodos es un valor agregado”, dice Andrés Mauricio. Su intención es mejorar la velocidad y precisión de los procesos computacionales y divulgar los resultados en una publicación científica.



Eliana Ortiz

Ingeniería Ambiental, promedio: **4.27**

Asesor: Eduardo Behrentz

“Valoración económica del impacto de la construcción de obras de infraestructura sobre los servicios ecosistémicos y la biodiversidad: Caso de estudio Avenida Longitudinal de Occidente”

La Avenida Longitudinal de Occidente (ALO) es un corredor vial que ha sido planeado y discutido desde hace varias décadas en Bogotá. Las obras civiles y demás acciones asociadas con esta intervención han sufrido de múltiples demoras por razones que incluyen la incertidumbre acerca del verdadero impacto ambiental en la zona de influencia del proyecto, en particular los humedales de Juan Amarillo y La Conejera. En este trabajo se llevó a cabo un ejercicio de estimación del valor actual (antes de la intervención) de los servicios ecosistémicos en dicha zona, así como una estimación de su afectación durante y como consecuencia de la construcción de la vía en referencia. Para esto se utilizó el software Arc Map y la herramienta InVEST del denominado Natural Capital Project, bajo varios posibles escenarios de tamaño y manejo ambiental de las obras. Se consideraron factores como la habilidad de captura y almacenamiento de carbono, retención de sedimentos, biodiversidad y calidad del hábitat y capacidad de regulación hídrica. Según los resultados del estudio, el impacto ambiental de la construcción de la ALO, medido en términos de pérdida de los servicios ecosistémicos aquí considerados, puede ser de entre 40 y 135.000 millones de pesos colombianos. La primera cifra corresponde al escenario de manejo ambiental contemplado en la licencia ambiental del proyecto, mientras que la segunda supone una intervención sin mayores consideraciones ambientales. Estas cifras son un primer paso para entender el impacto real de la obra y realizar los análisis de beneficio-costos para valorar su viabilidad y conveniencia. ■



La Facultad investiga para un mejor país

CONTACTO continúa con la presentación de los grupos de investigación de la Facultad de Ingeniería. En esta ocasión reseña siete, cuyas temáticas abarcan desde la construcción de software y la computación distribuida hasta el diseño de productos y procesos.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes cuenta con grupos de investigación científica y aplicada reconocidos por Colciencias e integrados por profesores y estudiantes de pregrado, maestría y doctorado. Sus aportes están al servicio del Gobierno y del sector privado. Algunos de estos son:

Grupo de Investigación en Ingeniería en la Educación

STEM+B

Su objetivo es indagar sobre cómo lograr y medir aprendizajes en torno a la formación de recurso humano para generar emprendimiento e innovación con tecnología y proponer políticas públicas para el país basadas en investigación en el campo de la educación STEM+B (matemáticas, ciencias, tecnología, ingeniería, la innovación y el emprendimiento).

Tecnologías de Información y Construcción de Software

(TICSw)

Su principal motivación es construir software, por lo cual investiga todas las áreas relacionadas con el tema, incluyendo tecnologías, metodologías y procesos.

Comunicaciones y Tecnología de Información (COMIT)

Se centra en computación distribuida, diseño y seguridad en redes, integración de información y sistemas de información multimedia y georreferencia.

Grupo de Geomateriales y Sistemas de Infraestructura

(GEoSI)

Sus investigaciones se enfocan en el comportamiento multiescala de materiales de construcción, análisis y diseño de sistemas de infraestructura, análisis de incertidumbre y optimización estocástica.



▲ En la mesa vibratoria las estructuras pueden someterse a pruebas sísmicas con diferentes intensidades.

Centro de Investigación en Materiales y Obras Civiles

(CIMOC)

Contribuye al desarrollo académico, científico, tecnológico y productivo en áreas relacionadas con el análisis, diseño y comportamiento de los materiales y las obras de infraestructura del país y de la región.

Grupo de Integridad Estructural (GIE)

Investiga la integridad estructural, un área que comprende técnicas experimentales y computacionales para el diseño confiable de estructuras, componentes y materiales; su monitoreo y evaluación en servicio, la detección y caracterización de daños y el análisis forense de componentes, entre otros.

Grupo de Diseño de Productos y Procesos (GDPP)

Fomenta la investigación y el desarrollo tecnológico en áreas donde el ingeniero químico tiene un papel protagónico. Sus proyectos se centran en el diseño de productos y procesos, ingeniería biológica y materiales avanzados. ■



Arqueometalurgia: construyendo conocimiento

62



Buena parte de lo que hoy es Colombia fue conocida desde la conquista como uno de los “dorados” de la conquista española, legendarias tierras, mezcla de mitos medievales y americanos, repletas de oro, cercanas al paraíso terrenal, abundantes y prodigiosas. En contraste con México y aun con Perú, las riquezas existentes parecían rebasar la imaginación. Los conquistadores debieron enfrentar ejércitos de hombres ricamente adornados con pectorales, diademas y manillas del precioso metal. En los santuarios y viviendas con frecuencia se encontraban ofrendas o adornos de oro. En las tumbas de ricos personajes no faltaban tampoco estos objetos. Cruentas campañas de saqueo y prolíficas actividades de guaquearía dieron cuenta de cuantiosos botines que enriquecieron a unos pocos. Otros encontraron que buena parte del oro recogido correspondía en realidad a aleaciones con cobre, bastante menos atractivas en términos económicos.

El oro, en todo caso, siempre fue más que oro. La metalurgia prehispánica, desarrollada probablemente a lo largo de más de 2.500 años antes de la conquista, era el producto de una enorme riqueza cultural. Cientos de miles de objetos fueron producidos como resultado de una enorme diversidad cultural y cambios a lo largo de siglos. Se desarrollaron técnicas muy ricas, complejas, que demuestran un conocimiento notable en el trabajo de los metales. Más importante aún, los objetos se incorporaron a elaborados sistemas de pensamiento y a modelos de organización social que fueron dinámicos a lo largo del tiempo, y que representan un complejo laboratorio para los estudios sobre la ideología, la tecnología y la organización social indígena.

Durante años, las investigaciones sobre la metalurgia se concentraron en definir “áreas culturales”. Pareció, si no suficiente, por lo menos satisfactorio identificar cuáles piezas eran quimbayas o taironas o muiscas. En algunos casos se logró un poco más: saber cuáles objetos eran más antiguos

que otros, “quimbaya temprano” o “tairona tardío” por ejemplo. Más recientemente, reconociendo que esa información es útil, las preguntas son más ambiciosas: cómo se produjeron los objetos, cuáles son las implicaciones económicas, sociales y culturales de las diferentes metalurgias identificadas, cuáles son las transformaciones a través del tiempo y cómo estas se relacionan con cambios históricos más amplios.

El grupo de Arqueometalurgia de la Universidad de los Andes es reflejo de estas preguntas. A través de tecnologías novedosas, el grupo, liderado por Jairo Escobar, director de Ingeniería Mecánica, y con la participación de destacados estudiantes, está ayudando a identificar las técnicas de producción de los metales indígenas. Avanzando en un tema antes reservado a unos pocos especialistas, la mayor parte de ellos extranjeros, este equipo ha logrado contribuir al conocimiento sobre un mundo fascinante de objetos que maravillan no solo por su estética sino por su complejidad tecnológica. El futuro será aún más promisorio: los hallazgos deberán ponerse en contexto. Será necesario el trabajo interdisciplinario con arqueólogos para que ese conocimiento no solo se quede en la admiración tecnológica y en algunas aplicaciones modernas que pueden sorprender por su riqueza e ingenio. Los progresos de este grupo podrán incorporarse a cuestiones más amplias sobre el comercio, la manipulación simbólica de los metales entre las élites indígenas, y un largo número de temas interesantes y novedosos. Los objetos por sí mismos no dirán mucho, pero los especialistas llegarán a conclusiones, o por lo menos a hipótesis educadas sobre cómo eran y cómo se transformaron las sociedades del pasado. La Universidad de los Andes y su grupo contribuirán así a un campo en el cual estudios modernos de colegas internacionales y del Museo del Oro en Bogotá están dando resultados más que interesantes. ■

Carl Langebaek
Vicerrector de Asuntos Académicos

Laboratorio de Dinámica Cardiovascular

Qué es:

Un espacio donde se estudia el flujo de la sangre a través de los conductos vasculares y sus implicaciones desde el punto de vista mecánico, línea en la que investiga el Grupo de Ingeniería Biomédica (GIB) desde 1986. Su objetivo es desarrollar e implementar herramientas (dispositivos y modelos) que contribuyan a mejorar el diagnóstico o el tratamiento de las enfermedades cardiovasculares en Colombia. También busca estudiar el flujo sanguíneo, los esfuerzos en las paredes vasculares y las propiedades mecánicas de la sangre y las paredes vasculares en condiciones fisiológicas y patológicas mediante experimentos *in-vitro* e *in-vivo*.



▲ **Máquina de ensayos biaxial:** Se emplea para la caracterización mecánica de materiales biológicos.

Para qué sirve:

Analizar materiales y conocer su comportamiento mecánico (las muestras son preparadas en el Laboratorio de Ingeniería de Tejidos) y hacer pruebas *in-vitro* para determinar su aplicación real. Por ejemplo, se investiga si lo que se está desarrollando en el laboratorio se parece al tejido vivo que se quiere regenerar. Para ello se miden aspectos como sus propiedades físico-químicas, se estudia su resistencia mecánica a tensión. Actualmente se realizan pruebas *in-vivo* con ratas, para evaluar el hemosustituto. Cuenta con equipos para medir cómo fluyen la sangre o diferentes fluidos que la modelen. Entre ellos están:

Máquina de Tensión Biaxial para el estudio mecánico de materiales.

Particle Image Velocimeter (PIV) (velocimetría de imágenes por partículas) se usa para estudiar el modelado del sistema cardiovascular y entender cómo está fluyendo la sangre en conexiones complejas del sistema circulatorio.

Impresora 3D para hacer prototipos de órtesis en diferentes materiales.

Analizador de gases materiales: Permite medir gases sanguíneos, pH, electrolitos y hematocrito en muestras pequeñas de sangre.

Computadores de alto desempeño para modelamiento y simulación computacional de eventos biológicos en términos matemáticos.

Costo aproximado de algunos equipos:

Máquina biaxial: 150.000 dólares

PIV: 85.000 dólares

Impresoras 3D: 73.000 dólares

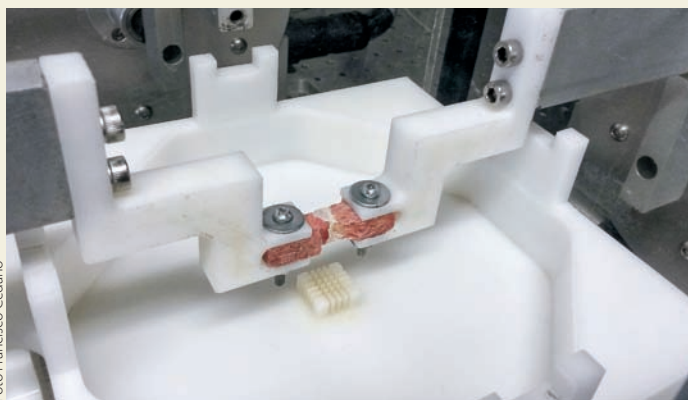
Proyectos

Además de los ya mencionados, se trabaja en la elaboración de un adhesivo óseo que permita el tratamiento de fracturas complejas en zonas articulares. También en simular la elaboración de prótesis con uso de la impresora 3D.

CONTACTO

Mabel Cruz López, coordinadora de los laboratorios del Departamento de Ingeniería Biomédica.

fm.cruz407@uniandes.edu.co. Teléfono 1-3394949, ext. 3432



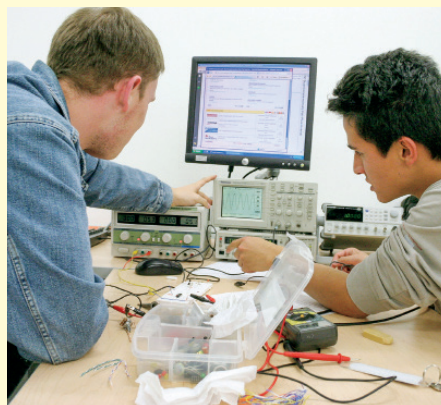
▲ **Biaxial con una muestra del adhesivo y huesos.**

▼ **Microscopio**



Programas de Posgrado

Facultad de Ingeniería



Doctorado en Ingeniería

Programa acreditado por CNA

Registro SNIES: 16071

Maestrías

**Inteligencia Analítica
para la Toma de Decisiones**

Nuevo programa

Registro SNIES: 104198

Ingeniería de Petróleos

Nuevo programa

Registro SNIES: 104304

Diseño de Procesos y Productos

Nuevo programa

Registro SNIES: 103269

Ingeniería Ambiental

Registro SNIES: 91235

**Maestría en Biología
Computacional**

Registro SNIES: 102711

Ingeniería Biomédica

Registro SNIES: 102021

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 (MESI)

Registro SNIES: 102074

Ingeniería de Software (MISO)

Registro SNIES: 102073

**Tecnologías de Información
para el Negocio (MBIT)**

Registro SNIES: 102269

Mayor Información:

Teléfonos: (571) 3324327, 3324328, 3324329. Correo electrónico: info.ingenieria@uniandes.edu.co

<http://ingenieria.uniandes.edu.co>

