

CONTACTO

ISSN:2145-7077

Ingeniería para una ciudad sostenible

Desafíos del crecimiento

- * Ciudad-región: mejor planificarla
- * Logística para flujos eficientes
- * Movilidad: claves de un transporte de calidad
- * Renovación urbana, imperativo de la Bogotá densificada
- * Descontaminación: por un aire sin material particulado
- * Basura orgánica: cómo aprovechar un problema
- * Recuperar los ríos controlando escorrentía

Big Brother

La privacidad
en juego

El complejo de puentes de la Autopista Norte con Avenida Norte-Quito-Sur es uno de los intercambiadores viales más congestionados por el transporte particular.

Número
05

marzo-septiembre 2012

Dinamómetro de Chasis

Qué es

Dos rodillos paralelos, ensamblados sobre una estructura rígida que permite soportar vehículos hasta de 2.000 kg y torques máximos hasta de 22 kg/m. Incluye un motor/freno de corriente continua PAU (*Power Absorption Unit*) que puede entregar una potencia de 50 kW en modalidad de motor (*drive*) y absorber una potencia de 55 kW en modalidad de freno regenerativo (*absorption*). El Dinamómetro de Chasis (Ono Sokki Technology Inc.) puede desarrollar velocidades hasta de 120 km/h.

Cómo funciona

Los vehículos de prueba se colocan sobre los rodillos, los cuales simulan condiciones reales de operación en las calles, incluyendo pendiente, rozamiento con el pavimento y peso del automotor. En el ambiente controlado del Laboratorio Dinámico de Emisiones Vehiculares, donde se encuentra el equipo, diversos sensores se ponen en contacto con los gases de escape. Dado que se cuenta con protocolos estandarizados que garantizan la repetitividad de los experimentos, es posible comparar el desempeño de distintos vehículos sometidos a las mismas condiciones. El Dinamómetro de Chasis también es útil para verificar que los nuevos que entran en circulación cumplen con las normas establecidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

El Dinamómetro permite hacer mediciones simulando las condiciones reales de un vehículo en marcha.



Rodillos paralelos ponen a girar, en diferentes modalidades, las ruedas de un vehículo de hasta de 2.000 kg, en el ambiente controlado del Laboratorio Dinámico de Emisiones Vehiculares.

Para qué sirve

Cuantifica las emisiones de partículas y gases que produce el motor de un vehículo. Está provisto de un muestreador de material particulado (DEKATI DMM320) de tamaño inferior a 1,5 micras en un rango de 1 a 2.500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Cuenta con un analizador de gases (SEMTECH) para determinar CO, CO₂, HC y NO_x; y un flujómetro (SIERRA 640S Steel-Mass) con medidor inteligente de flujo total diseñado para aplicaciones con gases a altas temperaturas. La ubicación a más de 2.500 metros de altura sobre el nivel del mar hace de este Dinamómetro un elemento único a nivel mundial y con grandes aplicaciones científicas. Es uno de los pocos instalado en una universidad en Latinoamérica y uno de los tres que se encuentran en Colombia.

Usuarios

Estudiantes de pregrado, maestría y doctorado que realicen investigaciones sobre contaminación asociada con fuentes vehiculares. Se pretende buscar alianzas con entes del gobierno nacional y distrital así como ofrecer el equipo a manera de contrapartida en proyectos financiados por Colciencias.

Costo

500 millones de pesos que incluyen diseño y obra civil de la infraestructura, cableado e instalación del suministro eléctrico, conexión y configuración de los módulos de control y de potencia y diseño y montaje del sistema de extracción de gases. Parte del equipo fue donado por la Honda Motor Company.

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

Marzo / Septiembre de 2012

Decano

Alain Gauthier Sellier

Vicedecano de Posgrado e Investigación

Juan Benavides

Vicedecano de Pregrado

Rafael Gómez Díaz

Vicedecano para el Sector Externo

Gonzalo Torres Cadena

Secretaria General

Claudia Cárdenas Gutiérrez

Directores de Departamento

Ingeniería Civil y Ambiental

Eduardo Behrentz Valencia

Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Roberto Bustamante Miller

Ingeniería Industrial

Roberto Zarama Urdaneta

Ingeniería Mecánica

Édgar Alejandro Maraón León

Ingeniería Química

Óscar Álvarez Solano

Ingeniería de Sistemas y Computación

Jorge Alberto Villalobos Salcedo

Asesora editorial

Rubby Casallas Gutiérrez

Coordinadora de Promoción y Divulgación

Margarita María Rueda Pinzón

Edición y redacción de textos

Ana Lucía Duque Salazar

y Marta Lucía Moreno Carreño

Concepto gráfico y diagramación

Enrique Franco Mendoza

Retoque digital

Gabriel Daza Larrotta

Fotos

Roger Triana Cárdenas

y Nelson Barreto Pastrana

Producción e impresión

OP Gráficas



Foto Róger Triana

- 2** Fotolab
Dinamómetro de Chasis
- 4** Editorial
En busca de una ciudad exitosa
- 5** Ingeniería y ciudad
 - **Bogotá-región**
Ciudad-región, presente y futuro de Bogotá
- 9** Insumos para una ciudad atractiva
- 11** Tareas pendientes
- 12** La densificación es la clave de las ciudades sostenibles
- 14** • **Logística**
El flujo constante del Distrito necesita planeación
- 17** • **Renovación urbana**
Amenazas a la sostenibilidad bogotana
- 20** Macroproyectos construyen ciudad
- 21** • **Movilidad**
El transporte público debe ser prioridad
- 23** Software para optimizar rutas de sistemas de buses como TransMilenio
- 25** Estrategias para usar con eficiencia el carro particular
- 28** Viaje, un portal para la movilidad
- 30** • **Medio ambiente**
Contra la contaminación, un transporte racional
- 35** Las basuras no son basura
- 38** ¿Reciclaje sin recicladores?
- 40** Reutilizar las aguas es buen negocio
- 42** Las siete vidas del río Bogotá
- 45** • **Riesgos**
La prevención en la mira
- 49** Destacado
La crítica, un detonante de la creatividad
- 50** Seguridad y Tecnologías de Información
Privacidad o acceso a servicios web, los dilemas del Big Brother
- 54** El 'homeland security', otra faceta del Gran Hermano
- 55** Egresados
Modelaciones computacionales, una herramienta de cuidado
- 56** Hay desidia e incoherencia en los temas medioambientales
- 58** Eventos, tesis doctoral y reconocimientos
- 62** Argumento
La aglomeración, ventaja paradójica de Bogotá
- 63** Fotolab
Pista Acelerada de Prueba de Pavimentos

En busca de una ciudad exitosa



Desde siempre las ciudades han sido el centro de innovación de la humanidad. Todos los grandes avances en la historia, como la antigua civilización griega, el Renacimiento o la Revolución Industrial, se originaron en la ciudad.

En los países emergentes del mundo moderno y globalizado están creciendo en magnitudes sin precedentes. En Asia, África y Latinoamérica, son llamadas a actuar como motor de desarrollo económico, social y cultural.

Pero no toda urbe es exitosa. Solo cuando atrae a la gente de talento y facilita su interacción, sienta las bases necesarias para lograrlo. La ciudad debe ofrecer niveles de vida atractivos a sus habitantes, con buenos servicios, transporte eficiente, empleo de calidad y excelente educación, entre otros.

Bogotá se destaca en el panorama colombiano. Aunque acoge tan solo a un sexto de la población del país, su producción económica representa más de la cuarta parte del PIB nacional. En términos de ingreso *per capita*, el de Bogotá es 1,6 veces mayor que el promedio nacional, o 1,84 veces (casi el doble) que el del resto del país.

La capital debería jalonar el progreso colombiano. Pero la tendencia observable, reflejada en parte por las expectativas de sus ciudadanos, es que el gran ímpetu positivo de la década pasada se ha estancado, muchos de sus logros se han deteriorado y el futuro luce oscuro. Los niveles de inseguridad son muy altos, en algunas localidades son similares a los de las ciudades más violentas del mundo. El transporte masivo, encabezado por TransMilenio, ha dejado de ser un gran orgullo ciudadano para convertirse en fuente de descontento por su congestión y fallas permanentes. La ilusión del metro es una frustración reiterada de las administraciones que lo promueven. La congestión vehicular empeora a pasos agigantados, en medio de un caos sin solución en las vías principales de la ciudad. Gravísimos temas ambientales, como el río Bogotá, el reciclaje de los re-

siduos sólidos, la contaminación y el ruido, siguen sin solución. Entre tanto la ciudad crece sin planificación ni control, traspasando los límites del Distrito, asentando una población extremadamente pobre en terrenos deleznable de Soacha y otros municipios, y sufriendo el éxodo de empresas y habitantes afluentes hacia municipios del occidente y el norte. Sin gobierno regional, va convirtiéndose en un caldo de cultivo de problemas crecientes, en manos de una administración débil y rodeada de elementos corruptos que desangran los recursos destinados a obras públicas, al manejo de la salud y a los demás servicios masivos.

El reto es formidable y urgente. Bogotá necesita un gobierno fuerte, con recursos y jurisdicción regional, con sistemas efectivos de control y vigilancia ciudadana. Debe enfrentar la enorme desigualdad de sus habitantes con generación de empleo, con educación pública de calidad, con vivienda adecuada y servicios públicos para todos. Debe permitir y promover la iniciativa ciudadana para redensificar la ciudad y para ofrecer oportunidades de desarrollo económico, social y cultural que la hagan atractiva y eficiente. Y debe retomar el rumbo de la planificación y acción en materia de movilidad, abandonando la improvisación de los últimos años.

Esta agenda requiere profesionales idóneos de todas las disciplinas, pero en especial ingenieros que rediseñen y apoyen al gobierno local y regional, que fortalezcan la coordinación de los diferentes sectores con un enfoque multisectorial y multidisciplinario, y que por supuesto apoyen el desarrollo adecuado y eficiente en cada uno. El desafío para la Universidad debería ser abandonar la espera pasiva y asumir una actitud proactiva e impulsadora de los cambios requeridos. ■

Jorge Acevedo

Profesor Asociado de Ingeniería Industrial

▶ “La ciudad es el invento más importante de la historia de la humanidad”, dice Edward Glaeser en el libro “El triunfo de la ciudad”.

Ciudad región, presente y futuro de Bogotá



Foto Carlos Mauricio Vega

Los constructores de ciudad, y específicamente los ingenieros como generadores de proyectos que impactan la vida de la gente, tienen mucho que aportar al desarrollo de una urbe que se extiende hacia los municipios vecinos en un proceso imparable y carente de planeación.

Una sociedad no se rige solamente por las ideas y directrices de sus gobernantes. También inciden, y de manera fundamental, las fuerzas del mercado que generan tensiones, trazan rumbos de crecimiento y la integran en ciudad-región. Estas dinámicas de desarrollo pueden ser el producto de acciones planificadas que obedecen a reglas concertadas y, por ende, beneficiosas para la población. O también pueden darse de manera desordenada, con consecuentes atrasos y pérdidas en medio ambiente, movilidad, seguridad, productividad y competitividad.

Bogotá, el lugar donde se concentra casi el 16% de la población colombiana y cuyo Producto Interno Bruto es el 26,3% del PIB total del país, sigue actuando aislada de las poblaciones de la

sabana, pese a sus numerosos intentos por integrarse: desde finales de la década de los 40, el urbanista francés Le Corbusier había trazado el desarrollo de la capital en cuatro escalas: la de sector (centro cívico y sector residencial), la urbana, la metropolitana y la regional. Luego, en 1954, la ciudad comenzó a anexar municipios vecinos que hoy son localidades: Bosa, Usme, Usaquén, Suba... Más adelante, en el 2000, se expidió el Plan de Ordenamiento Territorial que establece las condiciones de uso del suelo y expansión, y en los últimos años han cobrado fuerza los debates acerca de cuál debe ser la relación con los municipios sabaneros.

La demora no es para preocuparse, porque estos procesos son muy lentos. Así, por ejemplo, Portland, en Estados Unidos, que se cita como modelo de integración, comenzó a caminar en ese sentido en 1940 y apenas en 1998 empezó a armar los linea-

Render cortesía Jaime Alberto Ferix, Oficina de Comunicaciones Metrovivienda



◀ Usme Ciudad Futuro es, según Metrovivienda, el proyecto urbanístico más importante del Distrito en los siguientes 20 años. En la primera etapa se construyen 10.500 soluciones de Vivienda de Interés Social y Vivienda de Interés Prioritario.

Manhattan o The City por estar más cerca de personas inteligentes, por estar expuesta a más ideas”.

Los ejemplos de por qué sumar es beneficioso para una sociedad abundan en el mundo (véer gráfico ‘Referencias internacionales: distribución de población entre centros urbanos principales y su entorno’).

Está el caso de Nueva York, cuyos habitantes no superan los 7 millones, pero como región suman 25 millones de personas que viven también en los estados de Connecticut y Nueva Jersey y se movilizan tomando diversos medios de transporte con el MetroCard. “Cuando me preguntan cuál es el plan regional de Nueva York, muestro el MetroCard —dice Noriega, profesor de la Maestría en Planeamiento Urbano de la Universidad Javeriana—. Con esa tarjeta uno se sube al tren en New Haven, llega a Gran Estación, toma el metro y con la misma tarjeta y la misma tarifa continúa en un bus. Eso es una estructura regional”.

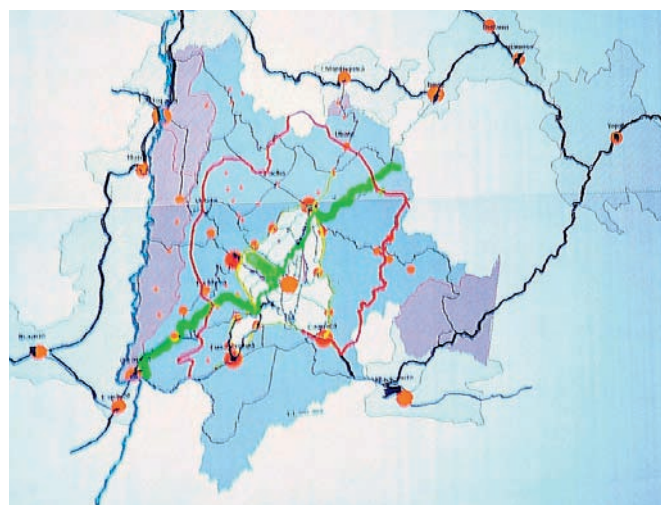
Sumar la región también impacta el Producto Interno Bruto. En el 2000, el PIB de Nueva York era de 829.000 millones de dólares; el de Madrid, de 90.000 millones de dólares, y el de Bogotá, de 20.000 millones de dólares. “De acuerdo con este comparativo, Bogotá aparece como una esquina de Nueva York”, señala el arquitecto No-

mientos para hacer planeación regional, y Madrid (España) está creando la suya desde hace 25 años. Sin embargo, no se debe ignorar que, como dice el arquitecto uniandino Mario Noriega, “las ciudades más competitivas del mundo no están aisladas, son regiones y los países empiezan a perder importancia”. Él es gerente de la firma de Consultoría MN+A, que coordinó entre el 2001 y el 2005 la Mesa de Planificación Regional, en la que participaron la Gobernación de Cundinamarca, la Alcaldía Mayor de Bogotá, la CAR y Planeación Nacional para sentar las bases del proyecto ciudad-región.

Como resultado de esos estudios y talleres con alcaldes y concejales de los 116 municipios de Cundinamarca y altos funcionarios de Bogotá y del Gobierno Nacional, Noriega reforzó su convicción de que la integración se está dando, aun a espaldas de sus dirigentes y, si bien depende de la voluntad política que se acelere o se retrase, nada la puede frenar.

Las ventajas son numerosas. Las mediciones de Bettencourt y West sobre una muestra representativa de ciudades del mundo sugieren que los indicadores económicos de Bogotá (7 millones de habitantes) serían 15% más altos que los de dos “semiBogotá” (3,5 millones de pobladores cada una). Al mismo tiempo, los costos de infraestructura *per capita* se reducen 15%. Estos resultados aparecen en países con distintos niveles de desarrollo. Como lo señalan Bettencourt y West, las grandes ciudades hacen más con menos.

En su escrito ‘Apostar a la aglomeración: crecimiento, ideas y ciudades’ de septiembre del 2011, Juan Benavides, vicedecano de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, destaca que “Edward Glaeser —autor del libro *El triunfo de la ciudad* (2011)— no exagera cuando afirma que la ciudad es el invento más importante de la historia de la humanidad. Las ciudades permiten mayores oportunidades individuales y, más importante aún, mayor flujo de ideas entre personas con visiones e información distinta. La llamada ‘muerte de la distancia’, que produce la conectividad por Internet no sustituye la necesidad de cercanía para negociar, crear o divertirse. La gente paga los enormes valores de la finca raíz en



▲ Los investigadores no dudan de la necesidad de crear una ciudad-región planificada. Esta podría centrarse en integrar a Bogotá con los municipios vecinos o, incluso, podría ser más ambiciosa y extenderse a toda Cundinamarca.

riega, que tiene una maestría en Diseño Urbano de la Universidad de Rice, en Estados Unidos y ha sido miembro de la junta directiva del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) del Distrito Capital.

En el libro *El Transporte como soporte del desarrollo de Colombia. Una visión al 2040*, los ingenieros civiles Jorge Acevedo, Juan Pablo Bocajero, Germán C. Lleras, Germán Ospina y Álvaro Rodríguez, y el economista Juan Carlos Echeverry (hoy ministro de Hacienda), también defienden la regionalización entendida como “cualquier mecanismo efectivo de integración de la ciudad con su entorno geográfico”. Plantean que para el 2040, la Gran Bogotá (Bogotá-sabana) tendrá 12 millones de habitantes, es decir un incremento de la población de 50% y destacan que algunas regiones del mundo muestran “éxitos notables en el crecimiento de su economía, mejoras en competitividad, en la calidad de vida de sus habitantes, en un uso más eficiente de la infraestructura, en el uso más racional de los recursos y en una mayor protección del medio ambiente. La clave del éxito requiere tres elementos: tener una visión y unos objetivos conjuntos, tener un arreglo institucional adecuado —coherente con lo primero— y aprovechar la flexibilidad de agrupación selectiva”.

Según Noriega, es necesario ser ambiciosos y ver a la ciudad como una región unida a Cundinamarca entera porque las ventajas comparativas serían mayores: es mucho más interesante plantear que el río de la región es el Magdalena y no el Bogotá; o que los vecinos son Meta, Boyacá, la Zona Cafetera, Tolima y Huila, que pensar que son Cota, Funza y Mosquera. Así el territorio debe entenderse como una globalidad, conservando la autonomía de cada municipio. Lo importante, recalca, es articular políticas y esfuerzos para armar institucionalmente el desarrollo. Esto significa estudiar cómo se reparten los recursos o qué papel desempeña cada alcalde o el gobernador.



Jorge Acevedo



Juan Benavides



Mario Noriega

Los autores del libro citado plantean dos escenarios para la Bogotá del 2040: un territorio que se densifica creciendo hacia arriba, que es sostenible y amigable con el medio ambiente porque reduce las emisiones contaminantes y el consumo energético, o uno que se extiende hacia los suburbios, con el consecuente incremento de viajes individuales, que refuerzan la nociva tenencia del vehículo particular (ver pág. 21). Sobre este punto, Sam Sullivan, exalcalde de Vancouver (Canadá), considerada la ciudad más amigable y sostenible del mundo, profundizó en una visita a Colombia en febrero pasado. En su opinión, la densificación es la clave del progreso porque trae consigo productividad y competitividad (ver pág. 12).

Descentralizar no es la panacea

Lograr el cambio exige, ante todo, gobernabilidad especial que haga factible trazar rumbos claros para priorizar la inversión de los recursos. “Tenemos que enfrentar el gobierno metropolitano, la ciudad-región porque Bogotá está creciendo y pobres y ricos se están asentando en las afueras, en pueblos vecinos, sin pla-

Referencias internacionales: distribución de población entre centros urbanos principales y su entorno

	Tokio Año 2000	París Año 2000	Nueva York Año 2000	Londres Año 2000	São Paulo Año 1990	Buenos Aires Año 2000	Bogotá Sabana Año 2000
Conglomerados urbanos (habitantes)							
Centro urbano principal	8'160.000	3'000.000	7'894.862	3'010.000	5'749.513	3'000.000	6'500.000
Entorno	25'840.000	6'000.000	11'853.102	3'990.000	9'450.487	9'147.761	900.000
Total habitantes	34'000.000	9'000.000	19'747.964	7'000.000	15'200.000	12'147.761	7'400.000
Área km ²	15.000	-	33.000	6.500	8.051	3.680	3.847*

▲ Mientras las grandes urbes del mundo concentran el grueso de la población en los municipios vecinos, en Bogotá la mayor cantidad de gente vive en el Distrito y apenas unos pocos en la sabana.

*Bogotá-Cundinamarca 24.210 km²

Fuente: Fase 1. Documento 4.
Elaborado por: equipo técnico coordinador-MPR, 2003-2005.



▲ El desarrollo desordenado ha traído como consecuencia la invasión de los cerros, en este caso en Ciudad Bolívar.

nificación. Eso, necesariamente repercute en el Distrito porque los municipios toman decisiones que son fundamentales para la ciudad”, dice Jorge Acevedo, profesor del Departamento de Ingeniería Industrial de Los Andes.

A su juicio, el país debería reflexionar mucho sobre la descentralización porque, en teoría es inobjetable, pero en la práctica ha sido un desastre, sobre todo en las comunidades pequeñas, debido a la captura de los gobiernos locales por grupos al margen de la ley. Por eso, propone centralizar de nuevo buena parte de lo que se descentralizó en los municipios de menos de 100.000 habitantes “y a los de más de 100.000 habitantes graduarlos de mayores de edad, permitir la reelección de alcaldes y mucha más iniciativa fiscal para que los concejos puedan decretar impuestos”.

El ejemplo que cita es el de Curitiba, en Brasil, cuyo planificador y alcalde, Jaime Lerner, señalaba que la clave del éxito de un gobernante era *fazer acontecer*, es decir, sentar las bases para que otros hagan. En Colombia, esto se dio en Cali durante la alcaldía de Rodrigo Escobar Navia, “un botador de ideas, un soñador, que tuvo la buena suerte de que el sector privado estaba recogiendo las y poniéndolas a andar”, afirma Acevedo.

Al profesor, que tiene maestría en Ingeniería Civil de Texas A&M y un título de Civil Engineer de MIT (Estados Unidos), le preocupa que en Los Andes los saberes de Arquitectura, Ingeniería y Ciencia Política no confluyen para estudiar y enseñar la ciudad. “Sería estupendo que esta institución, que está tratando de encontrar unos temas de investigación, pensara en un ente que actúe como el Instituto Urbano de la Universidad de los Andes, donde se forme a los funcionarios de los sectores público y privado de esa nueva ciudad”, afirma.

Juan Carlos Flórez, historiador con maestría en la misma materia de la Universidad de Moscú (Rusia) y concejal de Bogotá, lo complementa diciendo que la Academia puede aportar conocimiento para enriquecer los debates, pero su alcance tiene límites. Cita como ejemplo el caso de Estados Unidos, donde están varias de las mejores universidades del mundo, pero los planteamientos de los precandidatos presidenciales republicanos son elementales. En donde sí puede influir y de hecho ya lo hace es en aportar soluciones técnicas, aunque aclara que estas son insaboras e inoloras, pueden aplicarse en cualquier régimen y por lo tanto no necesariamente hacen más democrática a una sociedad.

Visión para una sociedad con pocos recursos

Construir esa ciudad región del siglo XXI también demanda recursos que, en el caso de Bogotá son limitados y muchas veces se utilizan

para atender problemas urgentes, pero como dicen los profesores Nubia Velasco y Ciro Alberto Amaya, se necesitan soñadores alineados con la visión de futuro (ver pág. 14). A eso, el profesor Noriega añade que cuanto más pobre es una sociedad, más eficiente e inteligente debe ser en la visión y en el manejo de sus recursos, porque el desafío es generar riqueza y opciones de trabajo, con inversiones productivas.

A su vez, el historiador Flórez defiende la decisión de los últimos gobiernos distritales de priorizar el presupuesto e invertirlo en educación pública y en salud. “Fue consciente y no una casualidad. Por eso la ciudad no tiene grandes vías y por eso el debate del metro es recurrente, pues no se ha hecho por falta de recursos y no por incapacidad”.

Los autores del libro sobre transporte ya mencionado concluyen: “Las grandes ciudades colombianas enfrentan un fenómeno creciente de expansión, que involucra diferentes relaciones entre la urbe y los municipios vecinos. El modelo urbano y la unidad territorial de producción en el horizonte 2040 será la región. El desarrollo de regiones, adecuadamente estructuradas, en términos de hábitat, actividades económicas y sistemas de transporte es uno de los principales desafíos para el futuro, por lo que se requiere con urgencia lograr arreglos institucionales que permitan planificar el desarrollo armónico de su territorio”.

La realidad, entonces, es que Bogotá continuará su camino hacia la regionalización porque, como todo tejido vivo, en ella hay tensiones que generan cambios incluso por fuera de la institucionalidad, pues, como dice el historiador Flórez, Bogotá no es una maqueta de un arquitecto donde se puede controlar cada detalle. ■

Insumos para una ciudad atractiva

La capital del país es una urbe de claros y oscuros, donde conviven fuerzas opuestas, con elementos posmodernos y, al mismo tiempo, anacrónicos, señala el historiador y concejal Juan Carlos Flórez. Él y el profesor Jorge Acevedo analizan las fortalezas y debilidades del Distrito Capital.

◀ La Biblioteca Virgilio Barco es una muestra del crecimiento de la oferta cultural de calidad.

Foto: José Arturo Cardona Salazar



Bogotá es atractiva en el contexto colombiano: no solo congrega el 16% de la población del país, sino que el ingreso *per capita* de sus habitantes es 62% más alto que el de toda Colombia, un indicador de que la ciudad es más productiva, ofrece más oportunidades y su gente es más rica.

En la capital y sus alrededores tienen asiento 250.000 empresas, cifra que duplica la de Antioquia y triplica la del Valle del Cauca; de ese total, el 88% son microempresas, el 11% pymes y el 1% grandes compañías, que en conjunto, realizan cerca del 35% de las transacciones de comercio exterior en el país, según el *Balance de la situación económica de Bogotá y Cundinamarca*, de la Cámara de Comercio de Bogotá. El 20% de las empresas en la región Bogotá-Cundinamarca son industrias manufactureras (productos metálicos, maquinaria, equipos, imprentas, químicos, alimentos, bebidas, tabaco, textiles y maderas), complementa la Alcaldía Mayor en su página oficial.

Sin embargo, cuando se sale del contexto nacional las cifras no son tan alentadoras. Así, por ejemplo, en Bogotá hay pocos talentos extranjeros, un indicador, a juicio del ingeniero civil Jorge

Acevedo, de cuán atractiva es una población. “La ciudad exitosa es la que atrae a mucha gente de talento, permite que esté en contacto, intercambie ideas y atraiga capital de riesgo como sucedió en el Silicon Valley en Estados Unidos o está empezando a ocurrir en Bangalore, en India”. No opina igual el historiador Juan Carlos Flórez, para quien este es un hito inapropiado porque las migraciones mundiales son muy bajas frente al total de la población mundial.

Una ciudad atractiva debe proveer servicios públicos y de comunicaciones de alta calidad, acceso a vivienda para sus habitantes y para los que llegan, un aeropuerto moderno y posibilidades reales de encontrar pares para interactuar. También, variedad de opciones culturales y de entretenimiento, seguridad y sistemas de transporte eficientes que posibiliten el contacto como sucede en México D. F. y Sao Paulo, dos urbes que, pese a sus numerosos problemas de servicios, de congestión e incluso de seguridad, congregan gente de muchos países.

En algunos de esos aspectos, la capital es fuerte: la inversión en salud pública en los últimos años creció 50%, se superó el problema de la falta de cupos escolares en los colegios públicos y



◀▶ La presencia de vendedores ambulantes en las calles es una muestra de las tensiones que conviven en la ciudad, dice el historiador Juan Carlos Flórez.

mejoraron los indicadores de nutrición de adolescentes y preadolescentes. También ha crecido sustancialmente la oferta cultural y de entretenimiento, como lo evidencia, por ejemplo, la red de bibliotecas, la inclusión de Colombia en las giras de artistas reconocidos o la apertura de restaurantes, que son generadores de empleo. Además, es referente en la prestación de servicios de salud y podría aprovecharlo aún más ofreciendo paquetes médicos y odontológicos para los extranjeros.

Pero también hay puntos por mejorar. En primer lugar están los temas de movilidad (ver págs. 21 a 29) y medio ambiente (ver págs. 30 a 44). También hay indicadores de calidad de vida preocupantes: por ejemplo, ocupa el primer lugar en desnutrición infantil de los 0 a los 4 años, por encima de la Costa Caribe y del Amazonas, según un reciente estudio del Banco de la República. Además, “hay escasez de terrenos para construir vivienda y se ha hecho muy poco en materia de renovación urbana. Si uno compara con la dirección que han tomado muchas ciudades para revitalizar el centro y aprovechar su infraestructura y servicios, ve que todo está por hacer —afirma el profesor Acevedo—. Hay proyectos en marcha como la construcción del Centro Cultural de España, el Bacatá o un centro comercial en la calle 19 entre las carreras 8ª y 9ª. La ciudad debe facilitar el crecimiento en altura para construir vivienda y prestar los servicios adecuados. El efecto sería inmenso porque revitalizaría un sector de la ciudad con enorme potencial”.

Ambos entrevistados coinciden en que el Distrito es excluyente e inequitativo. Esto se refleja, por ejemplo, en la estigmatización de los barrios del sur, a cuyos habitantes se asocia injustamente con delincuencia, olvidando que, por ejemplo, un millón del total de personas que viven en Bogotá están en Ciudad Bolívar, como explica el profesor Acevedo. También se hace patente la concentración de poder en grupos muy pequeños de ciudadanos. “La ciudad puede ser mucho más dinámica en la medida en que tenga más voces participando en el debate urbano. Deben buscarse mecanismos para ampliar el espacio de los que opinan, pues la sociedad publicada es muy pequeña”, afirma Flórez.

Las deficiencias anteriores indican que aunque han emergido las clases medias, la mayoría de la gente está privada del acceso a servicios clave para garantizar una urbe moderna y más equitativa. Pero no todos los habitantes lo sienten igual: “La gente no percibe los avances frente al pasado de sus abuelos, sino frente a sus propias expectativas de vida y Bogotá no le responde a la gran mayoría de los habitantes en temas como transporte e infraes-



tructura vial, pues sigue anclada en los sesenta o setenta —dice el historiador—. Los más insatisfechos son los que más tienen”.

Al mismo tiempo, el concejal y exdirector del Departamento de Historia de Los Andes explica estas contradicciones: el panorama es de claroscuros, las sombras y las luces se alternan todo el tiempo, las tensiones son permanentes y son interpretadas por la gente según el puesto que ocupe en la sociedad. Así, por ejemplo, la presencia de vendedores ambulantes en el espacio público puede ser vista como un retroceso por las clases medias y altas, pero también es una forma de reivindicar el derecho al trabajo de las clases populares que han influido en la elección de los tres últimos alcaldes, en un lugar donde el empleo informal alcanza el 53%.

Fortalezas y debilidades conviven en un mismo territorio urbano y, como plantea Juan Benavides, debemos aprovechar la ventaja de la aglomeración. Con mejores instituciones e incentivos, mayor proporción de capital humano dedicado a la Investigación y Desarrollo (I&D), generación e intercambio de ideas con otros investigadores, “Bogotá puede acelerar y liderar la conversión de Colombia en un país desarrollado”. ■

LOS GRUPOS: SUR (Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional) y TESO (Teoría de Sistemas de las Organizaciones).

CONTACTO: Jorge Acevedo, ingeniero civil, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Industrial. jacevedo@uniandes.edu.co





◀ El modelo de ciclo vía como punto de encuentro de gente de todos los estratos debería ser replicado.

Tareas pendientes

Para lograr una ciudad sostenible y mejorar la calidad de vida de los habitantes, hay varias tareas pendientes. A juicio del profesor Jorge Acevedo y del historiador Juan Carlos Flórez, entre las más importantes están:

- Aprender a manejar una ciudad con millones de habitantes viviendo en zonas que antes no estaban habitadas y que se localizan en las zonas más bajas, más propensas a las inundaciones. Las mediciones sobre los ciclos de lluvias son muy recientes y no permiten saber si hacen parte de un fenómeno natural o responden al calentamiento global.
- Mejorar la calidad de la señal de las compañías de telefonía móvil, ampliar la cobertura de la banda ancha y expandir las zonas Wi Fi, para facilitar las opciones de conexión desde cafés y centros comerciales. Esto permite trabajar desde allí y alivia las necesidades de transporte porque acorta los desplazamientos.
- Mejorar la calidad de las redes de suministro de energía eléctrica porque las interrupciones y oscilaciones son recurrentes.
- Mejorar el aeropuerto. En los últimos cinco años, el tráfico aéreo en la ciudad ha crecido más del 50% y en Colombia se movilizaron 20 millones de pasajeros en el 2011, según cifras de la Asociación de Transporte Aéreo en Colombia. Eldorado concentra el 65% de las operaciones aéreas nacionales; el plan maestro para ampliarlo no ha terminado de ejecutarse y ya es insuficiente para atender el crecimiento de carga y pasajeros. La aviación militar debe salir de Eldorado y la aviación privada debe concentrarse en el aeropuerto de Guaymaral.
- Hacer realidad el Sistema Integrado de Transporte Público. La ciudad cuenta con 15.000 vehículos entre buses, busetas y colectivos, además de los buses del sistema TransMilenio y unos 50.000 taxis. Comunicarle a la ciudadanía que una gran ciudad es congestionada.
- Replicar el modelo de la ciclo vía como sitio de encuentro de la ciudad, que, además, es incluyente.
- Potenciar las capacidades de crecer de la gente a partir de una educación, cada vez de mayor calidad.
- Fortalecer el debate urbano, para tener alertas tempranas sobre corrupción y para lograr un conocimiento más profundo sobre lo que sucede en el Distrito. Este es tan precario que la gran mayoría de los bogotanos no sabe, por ejemplo, que se ha reducido drásticamente el número de niños que se desmayan en clase por desnutrición.
- Buscar que la población haga conciencia de la importancia de incluir el medio ambiente dentro de los temas prioritarios de la agenda pública. ■



◀ El desarrollo urbano del centro de Vancouver es vertical y los constructores deben pagar por construir en altura.

La densificación es la clave de las ciudades sostenibles

Sam Sullivan, exalcalde de Vancouver, destacado como una de las personas más influyentes en la transformación de esa ciudad canadiense, expuso sus tesis en Bogotá, en febrero pasado, sobre cómo hacer urbes exitosas.

Densificar la ciudad fue la llave que abrió la puerta para que Vancouver se convirtiera en el mejor vivero del mundo. En los últimos 15 años, sus habitantes aprendieron a dejar el carro en el garaje y hoy el 65% de los recorridos por el centro los hacen a pie; producen menos de la mitad de gases efecto invernadero que otros canadienses; tienen parques y zonas verdes entre altas torres de apartamentos, y los discapacitados no encuentran barreras físicas ni sociales.

Sam Sullivan, exalcalde de esa ciudad, experto en urbanismo y movilidad, destaca, cada vez que puede, las muchas ventajas de

optar por construir ciudades que crezcan hacia arriba, en contra del difundido modelo norteamericano de vastas extensiones con poca población diseminada por los suburbios. En estos dos modelos contrapuestos, las primeras son eficientes, competitivas y ambiental y económicamente sostenibles, condiciones que no cumplen las segundas.

El ejemplo más contundente es el de Manhattan, en Nueva York, donde el 75% de los habitantes no tiene carro propio, pese a ser gente pudiente, pues prefieren caminar o usar transporte público, porque viven cerca de sus trabajos. Es el mismo fenómeno que se está dando en Vancouver, donde ahora hay niños residen-

do en el centro. “Las personas que viven en edificaciones más altas son las que menos emisiones producen. Desafortunadamente Canadá y Estados Unidos siguen construyendo vecindarios muy alejados del centro y eso significa que están estableciendo unas formas destructivas de ciudad”, sentencia.

Ese fue el eje de la conferencia ‘Ciudades sostenibles’ que dictó en la Universidad de los Andes el 21 de febrero pasado, invitado por el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Facultad de Ingeniería, y también uno de los temas que trató con periodistas en la Cámara de Comercio Colombo Canadiense dos días después.

En ambos escenarios, Sullivan, que es profesor de arquitectura, enfatizó en que los cambios pueden darse cuando hay gobierno, medidas económicas y voluntad. Entre varios ejemplos, dio detalles de cómo consiguieron fondos del Gobierno Federal para construir vivienda de interés social antes de la realización de los Juegos Olímpicos y Paralímpicos de Invierno en el 2010. El argumento fue sencillo pero convincente: “Tenemos un problema enorme de personas sin hogar y cuando los visitantes llegan a Vancouver, vienen también a Canadá, de modo que tenemos que resolverlo”. Ahora destinan a este tipo de proyectos el 20% del presupuesto de la ciudad.

Entre el 2005 y el 2009, Sam Sullivan gobernó una ciudad de 2,2 millones de habitantes, distribuidos en 22 municipalidades de tamaños marcadamente dispares: 600.000 pobladores en la de mayor tamaño, concentrados en el centro, y menos de mil en la más pequeña. Desde los 19 años, tras un accidente en un pista de esquí, se moviliza en una silla de ruedas y aboga por la necesidad de dar acceso a los discapacitados, no solo físico sino en cuanto a inclusión social, como sucede en Vancouver donde, por ejemplo, el 100% de los buses y el metro están habilitados para transportarlos y el 20% de los taxis puede llevar pasajeros con silla de ruedas. “Con frecuencia me dicen que es fácil que Vancouver sea la ciudad más accesible del mundo porque tuvo un alcalde discapacitado —afirma—. No es así. Yo pude ser su alcalde porque la ciudad era accesible para los discapacitados y por eso pude tener mi lugar en la sociedad”.

Para el exalcalde, el tema medioambiental es prioritario e insiste en que cuanto más dispersa es una población generará mayor contaminación, no solo porque los desplazamientos son más largos, sino porque se usan muchos vehículos con muy baja ocupación. Los indicadores de Vancouver son dicentes: en el centro, cada individuo produce 1,5 toneladas anuales de gases efecto invernadero;

si se aleja un poco, sube a 6 toneladas; y aun más lejos, se eleva a 8. Las cifras son mucho más bajas que en otras zonas de ese país, donde, en ciudades como Calgary, puede llegar hasta 20 toneladas anuales por habitante. Y hay un dato sorprendente: un canadiense contamina 14 veces más que un chino. “Hablamos mucho de cambio climático; los canadienses somos buenos para señalar a los otros, pero hay mucha hipocresía en esto —dice Sullivan—. El planeta está muriendo por un montón de pequeñas decisiones”.

Para él, el gobierno de la ciudad y no el gobierno federal pueden revertir el daño con políticas como las aplicadas en Vancouver para exigir a los constructores compensar a la ciudad económicamente en cuantía paralela a la altura de las torres, partiendo de la base de que son edificaciones altamente rentables. “Hemos tenido edificios altos con 100 acres de terreno y logramos que un tercio de este fuera parque —relata—. No sé de ningún otro lugar que tenga un tercio de todo su vecindario como parque. También hemos usado los dineros que nos pagan por la mayor altura para invertirlos en beneficios públicos”.

Para él, el tema de ciudad-región es ambivalente. Por un lado, es importante mantener la independencia de cada municipalidad para que se autogobierne, pero, por el otro, las ventajas de unirse son visibles. Lo importante, dice, es combinar los intereses, de forma que cada municipalidad ceda un poco, sin sacrificar su autonomía. “En Vancouver todos han cedido un poquito, pero estamos de acuerdo en que vamos a resistir a las presiones para convertir los terrenos de agricultura en sitios de vivienda —afirma—. Tenemos que dirigir el crecimiento hacia otro lado y, entonces, las ciudades deben ser más densas”. Esto significa que hay que planear y así, por ejemplo, cuando se construye una estación de metro, que requiere una inversión muy alta, esta debe estar ubicada en sitios de alta densidad de población, porque, de lo contrario, no será eficiente.

El mensaje de Sam Sullivan es directo: densificar es una decisión política de profundas implicaciones, que requiere una burocracia talentosa, independiente y calificada para que pueda permanecer en los cargos y que exige negociar entre los sectores público y privado. Como la decisión necesita tiempo para desarrollarse debe tomarse ya. ■



▲ Sam Sullivan, exalcalde de Vancouver, exaltó el reconocimiento internacional del que gozan Antanas Mockus, con la cultura ciudadana, y Enrique Peñalosa, con TransMilenio.

El video de la conferencia en la Universidad de los Andes está disponible en <http://www.youtube.com/watch?v=PN3YqFJuuRo&feature=youtu.be>

El flujo constante del Distrito necesita planeación

Para intervenir en una urbe ya construida, la logística provee herramientas que permiten evaluar una situación existente y, a partir del diagnóstico, proponer cambios que mejoren su eficiencia.



◀ Establecer horarios y sitios de parqueo para los camiones repartidores proporciona beneficios para la movilidad y eficiencia de la ciudad.

Foto Carlos Mauricio Vega

Una ciudad es un continuo flujo: todos los días se mueven en ella personas, mercancías, vehículos, alimentos, materias primas, sustancias peligrosas, medicamentos y residuos en un ir y venir que debe ser sincronizado y eficiente. Pero en Bogotá el crecimiento suele ser desordenado e incoherente y, para encaminarlo, los sueños de investigadores y gobernantes deben alinearse con los de los mandos medios y bajos encargados de ejecutar las acciones.

Los ejemplos de ese crecimiento irregular en el Distrito son abundantes y en muchos casos se relacionan con la concentra-

ción de flujos en un solo lugar. Así ocurre con las decenas de camiones cargados de productos agrícolas que cada madrugada llegan a Corabastos; con el enorme movimiento de personas que entran y salen del centro, o con los numerosos colegios privados cuyas sedes funcionan en el norte y obligan a los escolares a pasar varias horas entre un bus. Todos son recorridos altamente ineficientes y desbalanceados: las personas pierden tiempo, los costos aumentan y los vehículos congestionan las vías, contaminan el ambiente e incluso deben desandar vacíos el camino.

Encontrar soluciones para mejorar la movilidad de la ciudad es un objetivo de

los ingenieros Nubia Velasco, Ciro Alberto Amaya y Gonzalo Mejía, investigadores del Grupo de Producción y Logística (PyLO) del Departamento de Ingeniería Industrial.

Para hacerlo, utilizan herramientas de planeación estratégica, operativa o táctica que provee la logística, una disciplina transversal a los temas de ciudad, por cuanto se ocupa de estudiar los flujos que conviven en el mismo territorio.

Para ellos, la planeación involucra sueños y deseos de cambiar; no debería centrarse en resolver problemas puntuales sino en pensar visiones de largo plazo, basadas en datos reales y en procedimientos técnicos. "No podemos hacer

borrón y cuenta nueva porque Bogotá ya está construida —dice la ingeniera química Nubia Velasco, doctora en Automática e Informática Aplicadas de la Universidad de Nantes (Francia)—. Pero sí podemos usar las herramientas de planeación para evaluar lo que ya existe; primero diagnosticamos y esto nos permite llegar a un indicador de eficiencia”.

La profesora Velasco y el ingeniero de sistemas Ciro Alberto Amaya, Ph.D. en Ingeniería Industrial del École Polytechnique de Montreal (Canadá), precisan que con esas herramientas, por ejemplo, podría determinarse que el problema de Corabastos consiste en que, en las madrugadas, el tráfico fluye hacia la localidad de Kennedy por dos únicas vías de acceso y que la solución es descentralizar el acopio de alimentos para mejorar la repartición. “Si hago desplazamientos cortos, soy mucho más eficiente en costos de transporte, gasolina y emisiones ambientales y eso afecta la calidad de vida”, dice el ingeniero Amaya.

El ingeniero mecánico Gonzalo Mejía, doctor en Ingeniería Industrial de la Universidad de Lehigh (Pensilvania, Estados Unidos) y director del grupo PyLO, no duda del apor-

te que pueden hacerle al futuro de las ciudades las múltiples herramientas de la Ingeniería Industrial. Antes, precisa, a cambio del modelo de megaciudades latinoamericanas, debe incentivarse la aparición de polos de desarrollo en regiones donde no existen. También debe priorizarse la industria manufacturera, que transforma materias primas en productos con valor agregado y genera empleo calificado, jalonador del desarrollo.

Para el profesor Mejía, el modelo de polos de desarrollo es el correcto para lograr urbes sostenibles, porque, de lo contrario, cualquier solución que se proponga será insuficiente en el tiempo. Tal es el caso de la movilidad, un tema prioritario para todos los estratos sociales y en el que discrepa de la posición de otros expertos (ver, pág. 24). Destaca que existen herramientas que ayudarían a planear la creación de esos polos como la Dinámica de Sistemas que prevé el desarrollo en términos de habitantes teniendo en cuenta variables como posibilidades de trabajo, criminalidad, vías, escuelas y centros de salud. También puede hacerse optimización y simulación que ayudarían a determinar cuál debería ser la magnitud y localización de las nuevas ciudades, consi-

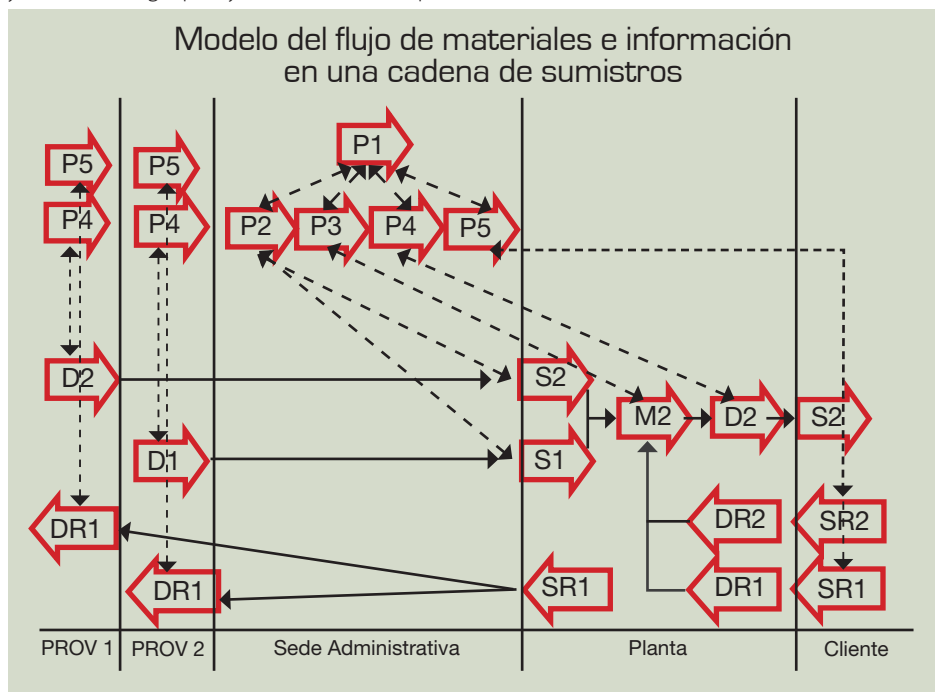
Proyectos puntuales

Algunos proyectos que involucran logística y que se llevan a cabo actualmente son:

-Nubia Velasco, del grupo PyLO, y el ingeniero químico Felipe Muñoz, del Grupo de Diseño de Productos y Procesos (GDPP), del Departamento de Ingeniería Química, investigan sobre cómo transportar sustancias peligrosas en Bogotá. El propósito es determinar por dónde deben fluir los camiones para minimizar el riesgo a la población y a la infraestructura. El proyecto se nutre con los datos suministrados por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias del Distrito (Fopae) y es financiado por la Universidad de los Andes.

-Ciro Alberto Amaya, que lideró una investigación sobre transporte escolar público en Bogotá (ver CONTACTO # 1, ‘El bienestar, la cieniente del transporte escolar’, pág. 15), trabaja con la egresada Mary Reyes, de la Fundación por la Vía, por la Vida (temas de seguridad vial). El objetivo es extender ese estudio a los colegios privados no solo de Bogotá, sino también de Medellín. La principal novedad es que los resultados no se entregarán a los funcionarios públicos, sino que se pretende involucrar a los padres de familia.

-Gonzalo Mejía adelanta una investigación, que está en fase teórica, acerca de cómo programar entrega de productos a bodegas de grandes almacenes minimizando la congestión. También trabaja con la Secretaría de Desarrollo Económico del Distrito para mejorar el modelo de negocio de la plataforma logística del programa Bogotá sin Hambre que funciona en Ciudad Bolívar.



P: Plan, D: Deliver, DR: Deliver Return, S: Source, SR: Source Return, M: Make



▲ Descentralizar el acopio de alimentos es una de las propuestas para hacer más eficientes los flujos. Esta es la Placita Móvil del barrio Rosales, que funciona los miércoles hasta la 1 p.m.

derando restricciones ambientales, ecológicas, geográficas e incluso prácticas.

Propuestas para mejorar la eficiencia

Los profesores Nubia Velasco y Ciro Alberto Amaya proponen superar cuatro tipos de escollos para mejorar la eficiencia en los flujos.

Lo primero es eliminar la brecha entre la visión de los soñadores con una ciudad mejor (académicos y algunas cabezas de instituciones que quieren introducir cambios, pero desconocen los detalles de cada estudio) y la de quienes deben aplicar las soluciones (mandos medios y bajos, donde surgen las resistencias). “Muchos sienten que con esas investigaciones se demostrará la inutilidad de ciertos trabajos en las instituciones y ponen todos los peros posibles”, dice la ingeniera Velasco.

El segundo cambio es propiciar un ambiente en el que los funcionarios puedan planear y no solo atender asuntos inmediatos urgentes. El doctor Amaya lo ilustra así: “Normalmente los asuntos de planeación son muy tácticos y estratégicos, pero el funcionario tiene que dedicarse a apa-

gar incendios y a estudiar cómo descongestiona la calle 26 o dónde localiza una ambulancia”. Ese proceder impide poner en práctica soluciones de 10 o 15 años y los problemas reaparecen.

El tercer paso es modernizar aspectos regulatorios para que la planeación pueda ejecutarse. Así por ejemplo, un estudio de logística hospitalaria hecho por los investigadores Velasco y Amaya para determinar los mejores sitios de ubicación de las ambulancias se enfrentó a escollos como que no pueden estacionar en un predio privado porque son bienes del sector público.

El cuarto tema es que los planes obedezcan a políticas o estrategias de desarrollo y se desliguen de los funcionarios de turno. Un ejemplo de los beneficios de dar este paso es el caso de Héctor Zambrano, el exsecretario de Salud de Bogotá, que ocupó ese cargo durante las alcaldías de Luis Eduardo Garzón y Samuel Moreno, lo que permitió continuidad en varias investigaciones, cuyos resultados, sin embargo, han encontrado varios de los obstáculos mencionados.

Los doctores Mejía, Velasco y Amaya señalan que al hablar de la ciudad no se pue-

de desconocer que las decisiones no son solo técnicas sino también políticas y dependen de quién sea el gobernante. “Los elementos netamente técnicos no van a funcionar porque la gente no se comporta con esa lógica —explica el ingeniero Mejía—. Se puede decir que el punto óptimo para instalar un paradero es tal, pero si los usuarios deben cruzar por una avenida insegura, o las escaleras son muy altas, no lo usan. Y si este afecta a un sindicato, lo van a bloquear. Eso no lo contempla ningún modelo de optimización”.

Por eso, para los tres investigadores, lograr flujos sincronizados y eficientes en Bogotá exige cambiar la cultura organizacional, trabajar en equipos multidisciplinarios que integren factores políticos, antropológicos, sociológicos y de ingeniería, y tener gobernantes con visión, sueños y estrategias que tomen decisiones técnicas basadas en datos concretos. Eso, en esta torre de Babel que es Bogotá, no se da de la noche a la mañana, pero hay que empezar a dar los pasos. ■

EL GRUPO:

PyLO (Producción y Logística)



CONTACTO: Nubia Velasco, ingeniera química, profesora asociada del Departamento de Ingeniería Industrial.

nvelasco@uniandes.edu.co



Ciro Alberto Amaya, ingeniero de sistemas, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Industrial.

ca.amaya@uniandes.edu.co



Gonzalo Mejía, ingeniero mecánico, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Industrial y director del grupo PyLO.

gmejia@uniandes.edu.co

Amenazas a la sostenibilidad bogotana

En esta entrevista, el ingeniero civil Hernando Vargas explora propuestas como la renovación urbana y los macroproyectos, temas prioritarios en el futuro de la capital. Opina que es clave recuperar los vínculos de la planificación con el urbanismo.

La crisis urbana es un fenómeno que afecta a muchas ciudades del mundo, no solo a Bogotá. “Las tasas de urbanización en China e India son apocalípticas y el caos en Ciudad de México, Caracas y Río de Janeiro es total”, dice el ingeniero civil Hernando Vargas, con maestrías en Arquitectura y Planeación Urbana del Massachusetts Institute of Technology (MIT, Estados Unidos). ¿Está Bogotá *ad portas* de la misma situación? ¿Es una ciudad obsoleta? ¿En qué momento se nos salió de las manos? ¿Qué papel juegan la renovación urbana y los macroproyectos que se plantean en sus fronteras? Para el profesor Vargas, el no haber hecho una reforma urbana de las que se propusieron entre 1961 y 1989 es, en parte, responsable del desbarajuste que se vive hoy. Sin embargo, los Planes de Ordenamiento Territorial y las Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ), creados por la Ley 388 de 1997, ofrecen una herramienta para abordar la crisis, retomando la planeación urbana en escalas más manejables y con conocimiento de las situaciones sociales que se viven en cada sector. Los diagnósticos en estos escenarios permitirían proponer proyectos específicos encaminados a buscar salidas localizadas.

Hernando Vargas asegura que para explicar lo que sucede en Bogotá hay que mirar lo ocurrido en el pasado. Concretamente, de renovación urbana se comenzó a hablar en los años 50. En la década siguiente, se consideraban conceptos como el de ciudades dentro de la ciudad, revitalización y creación de nuevos centros, así como también formación de comunidades en torno a sus lugares de trabajo.

Uno de los primeros en trabajar sobre renovación fue Virgilio Barco (presidente 1986-1990), cuando fue alcalde de la capital colombiana entre 1966 y 1970. Él propuso que se le diera ese tratamiento al sector de Sans Façon, en el suroccidente de Bogotá. Aunque las obras no se realizaron, “hubo estudios interesantes”.

Otro concepto urbanístico que hizo carrera en el pasado fue el que estimuló, en los años 70, el profesor Lauchlin Currie, creador del UPAC. Este economista e investigador académico ‘aclimató’ el concepto de ciudad dentro de la ciudad, que comprende factores de economía y de concentración de grupos para promover un menor desgaste por movilidad cuando la vivienda está cerca al trabajo. Un ejemplo de ello es Ciudad Salitre, impulsado por el propio presidente Virgilio Barco. Allí se buscó centralidad en un territorio urbano y “una lógica de comunidad. Quería evitar que la ciudad se siguiera extendiendo hacia la sabana, dándole un nuevo centro”.



Foto José Arturo Cardona Salazar

- ▲ Aunque Bogotá continúa creciendo hacia el norte de la sabana, también crece verticalmente. Así se aprecia en este sector de la carrera 7 con calle 116, donde los precios de la tierra son altísimos.

Hernando Vargas la considera antecesora de los recientes macroproyectos.

Los ejemplos más notables de renovación en Colombia, dice el profesor Vargas, son Ciudad Victoria, en Pereira, donde se rescató el área cercana a la Plaza de Bolívar con centros comerciales contemporáneos; y Ciudad del Río, en Medellín, construida en el terreno de las plantas industriales de Simesa y de Argos: allí se desarrollaron conjuntos de edificios e infraestructuras urbanas.



▲ Para evitar extenderse más, la ciudad debe aprovechar los sectores deteriorados para repoblar y darles nueva vida.

Tal es el resultado de no haber avanzado en los planes, acuerdos y normas que puedan hacer funcional la ciudad-región (ver pág. 5).

Planeación, continuidad y largo plazo

Para este ingeniero civil, la mayoría de los problemas actuales radican en la ausencia de una política de planeación nacional urbana y en que el Departamento Nacional de Planeación carece de la autoridad que hubo en esa instancia. La institución fue creada en los años 50 “bajo el propósito de las agencias multilaterales de estimular en los países en desarrollo nuevos órganos tecnocráticos capaces de orientar las instituciones hacia la racionalidad, y de

Otra forma de crecimiento

Los macroproyectos están contemplados en los Planes de Ordenamiento Territorial para llevar a cabo obras de gran complejidad e impacto nacional, como aeropuertos y carreteras, y son liderados por el Gobierno Nacional. En el Plan de Desarrollo del primer gobierno de Álvaro Uribe apareció una versión de estos: los Macroproyectos de Interés Social Nacional, reglamentados por el Decreto 4260 de 2007, según el cual “se vinculan instrumentos de planeación, financiación y gestión del suelo para ejecutar una operación de gran escala que contribuya al desarrollo territorial”. Esta figura es criticada por centralista, pues la gestión está por encima del orden municipal y queda cobijada por la normatividad nacional. También son vistos como una salida a la presión de los constructores por lo que ellos consideran una falta de suelos dentro de la ciudad.

Algunas personas como el ingeniero civil uniandino y promotor de proyectos Camilo Congote (ver pág. 20) opinan que los macroproyectos son una solución para el crecimiento y modernización de la ciudad. Pero Hernando Vargas advierte: “Están extendiéndose en la sabana, se van a hacer en lugares como Mosquera, Soacha y en otras localidades y es imposible impedirlos. Aunque traen inversión a los municipios, no hay claridad en las normas entre la capital y la región, no hay una cohesión de estas. Podrían convertirse en ciudades dormitorio, con sus necesidades principales resueltas pero con el trabajo en Bogotá. Plantean problemas de la movilidad que generarán o de cómo les llevarán agua”.

confrontar el clientelismo actuante sobre los gobiernos y los entes públicos para el desarrollo. En administraciones como la de Carlos Lleras Restrepo, a finales de los 60, Planeación era de altísimo nivel multidisciplinario y con un enorme poder operativo. Sin embargo, en los gobiernos de final de la década siguiente la entidad se fue convirtiendo en una oficina a través de la cual, esencialmente, se canalizaban asignaciones presupuestales, lo que significó en decaimiento del papel de la planeación”.

A los problemas de orden nacional se suman los locales: “El organigrama de Bogotá es una torre de Babel, tiene ruedas sueltas en su arquitectura y necesita una modernización operativa e institucional. Por ejemplo, el IDU, con alta responsabilidad en gestión de obras, después de períodos de buen desempeño, decayó en eficiencia y se volvió víctima de procesos de corrupción. Sigue habiendo urbanizadores piratas y los aparatos de control tienen problemas para enfrentarlos. La Empresa de Acueducto, que suministra infraestructura esencial, es un gran poder dado el vínculo entre disponibilidad de agua y desarrollo urbano y es definitiva en la expansión y la densidad de Bogotá. Hay sectores con pobre control respecto de puntos como las poblaciones, los vehículos, los monitoreos ambientales”.

► Contraste de dos conceptos: la ciudad que crece vertical a la izquierda (El Recreo, Bosa) versus la del crecimiento horizontal.



Foto Jaime Alberto Ferix, Oficina de Comunicaciones Metrovivienda



- ▲ Para Camilo Congote, los macroproyectos deben ser multistrato, luego de cumplir los requisitos de vivienda de interés social y de interés prioritario.

La ausencia de políticas de largo plazo se ve reflejada en lo que sucedió con Metrovivienda, un banco de tierras que creó Enrique Peñalosa, alcalde de 1998 al 2000, para canalizar la presión sobre los suelos. El banco debía administrar y dotar los terrenos disponibles con una infraestructura de calidad, en servicios y parques, para que después los constructores los desarrollaran. Sin embargo, las siguientes administraciones debilitaron sustancialmente esta acción, señala Hernando Vargas.

Ese es un factor problemático: debido a esa falta de continuidad, una administración echa por el piso lo que hace su antecesora. También ocurrió con las gestiones de los gobiernos de Antanas Mockus (alcalde en dos ocasiones: de 1995 a 1998 y del 2001 al 2003) y Enrique Peñalosa, cuando buscaron coordinar los esfuerzos de entidades como el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) y el Acueducto, con el fin de hacer mejoras barriales para ir recuperando distintas zonas de la ciudad. Junto con estos avances se invirtió también en la construcción de colegios —convertidos



en nuevos espacios comunitarios— y de otros espacios públicos que contribuyeron, en cierta forma, a la renovación de la ciudad. El concepto, comenta Vargas, tampoco se mantuvo.

El ingeniero debe mirar la ciudad

Con tantos ejemplos, es fácil entender por qué hay desorden urbano en Bogotá. Pero ¿cómo podrían funcionar las cosas? “Planificación y urbanismo deben volver a coexistir. Además, es necesario superar una barrera de situación: es indispensable que la Ingeniería perciba su entorno económico y social” y que reconozca algunos de los requerimientos que hace la Asociación Americana de Ingenieros Civiles para sus profesionales de las próximas décadas: “Una fuerte conciencia y responsabilidad social y ambiental viendo a la sociedad como su cliente. Y lo más importante: un pensamiento más extenso, integrador, contextualizado con dimensiones culturales, sociales y políticas que hoy no aparecen en los currículos. Que se preocupe por trabajar en los temas del Estado, en el carácter público de los proyectos sin quedar anclado únicamente en el sector privado y sin menospreciar la gerencia, como forma de vincular recursos y procesos”, dice el profesor Vargas.

Por otra parte, el ingeniero debe aprovechar las herramientas contemporáneas de la modelación para simular escenarios que ayuden al diagnóstico y sirvan para formular propuestas. Esto, sin embargo, no funcionará mientras no se recupere el prestigio que la profesión tuvo en otros años. “Gremios como la Sociedad Colombiana de Ingenieros o la Cámara de Infraestructura o Camacol no tienen grupos de investigación, de estudio o de propuestas, ni hacen planeaciones estratégicas del sector o del tema. Y mientras no se propongan las cosas con más profundidad y coherencia, soportadas en conocimiento con medios contemporáneos, su labor será marginal”.

Y en este punto retoma la idea de las Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ). Por supuesto —dice— hay que ensayar políticas públicas, visiones metropolitanas. Pero la idea sería llevar las UPZ más allá de su significado normativo y darles a estas unidades un carácter exploratorio y propositivo. “Adoptar este modelo toma tiempo, va en contra del ‘cortoplacismo’, y habrá que ver si es viable y adecuado. Es que la calidad urbana no surge por casualidad: necesita maduración y gestión y un vínculo estrecho entre los técnicos y los políticos”. Solo así Bogotá podrá ser una ciudad viable. ■

EL GRUPO

SUR (Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional).

CONTACTO

Hernando Vargas Caicedo, ingeniero civil, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

hvargas@uniandes.edu.co



Macroproyectos construyen ciudad

El principal fin de esta política, con detractores y partidarios, es la construcción de vivienda de interés social en un entorno de calidad. Un promotor de un ambicioso proyecto lo defiende como una forma de redensificar.

El modelo de los macroproyectos puede funcionar no solo para ofrecer vivienda de interés social sino también como fórmula para la renovación de sectores deteriorados de la ciudad como la zona industrial, al sur de la calle 13 y abajo de la carrera 30. Esa es la opinión de Camilo Congote, ingeniero civil de la Universidad de los Andes que trabaja en la gestión de proyectos, en especial de vivienda popular.

“Pienso que la renovación urbana debe hacerse en grande —20, 30, 100 hectáreas— lo que permite pensar en mejorar la malla vial, las zonas y corredores verdes y las condiciones de movilidad; que haya vivienda popular, pero que sea multiestrato, y colegios, universidades, centros comerciales, zonas empresariales. Eso solo se puede lograr en grandes extensiones”.

Aunque Congote se especializó en petróleos y trabajó durante tres años en los Emiratos Árabes y con Intercol, apenas tuvo la oportunidad de vincularse con la construcción lo hizo, y desde hace 30 años este es su sector. Además, pertenece y ha presidido en varias ocasiones las juntas directivas Nacional y Bogotá de Camacol y también ha sido presidente encargado del gremio.

Bien sea en renovación urbana o en macroproyectos, asegura que siempre se debe pensar en formación de ciudad, lo cual implica una preocupación por construir espacio público, colegios, edificios institucionales, zonas verdes. Pero considera que no hay una estructura legal que permita integrar a ese concepto otros elementos como el alumbrado público o el manejo de las basuras, que son más que infraestructura y resultan fundamentales



▲ El ingeniero civil Camilo Congote es gestor de proyectos de construcción.

en la logística urbana. “El desarrollo no puede ir solo de la mano de los ingenieros y los arquitectos”.

Como socio y gerente de proyectos de Amarilo —empresa a la que no pertenece desde hace dos años— Congote participó en Ciudad Verde, un macroproyecto situado entre Bosa y Soacha, al suroccidente de Bogotá, que se empezó a construir en el 2010 en un abanico verde de 12 fincas en sándwich entre los dos municipios “cuyo único destino era la expansión de la ciudad”. La primera etapa ya se entregó y se ha comenzado la segunda en un área total de 325 hectáreas. El 70% del terrero está previsto para 36.000 viviendas de interés social de estratos 1, 2 y 3; en el 30% restante se construirán clínica, biblioteca, dos colegios, supermercado, centro comercial, centro de negocios, club recreativo y zona franca.

La figura permite hacer un negocio rentable y brindar acceso a vivienda de interés social, incluso de interés prioritario (hasta 70 salarios mínimos) con desarrollo de urbanismo y de áreas apropiadas para la construcción de comunidad. Esto debido al esquema financiero con tres tipos de subsidio diferente —el subsidio a la tasa, el subsidio cruzado de tierras y los subsidios de las cajas de compensación familiar o de los fondos de vivienda—. “Soy un fanático de los macroproyectos porque son una manera de formar ciudad y porque son la opción adecuada para redensificar”, concluye Congote. ■



◀ Aunque los macroproyectos están concebidos para construirse en las afueras de algunas ciudades, Camilo Congote piensa que ese concepto debe aplicarse para hacer renovación urbana. Este proyecto es Campo Verde, en Bosa.

El transporte público debe ser prioridad

Cada década, hasta el 2040, el parque automotor de Bogotá se incrementará en un millón de unidades. Para evitar la inmovilidad, es indispensable diseñar estrategias innovadoras que motiven a desprenderse del uso del vehículo privado.



La movilidad en Bogotá no es un asunto de congestión por exceso de carros. Es un problema de transporte público. Así, tajante, expone su punto de vista Juan Pablo Bocarejo, profesor asistente del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental y coautor del libro *El transporte como soporte al desarrollo de Colombia. Una visión al 2040*, publicado por Ediciones Uniandes en el 2009.

En la actualidad, TransMilenio, buses, busetas, taxis y colectivos sirven el 70% de los viajes de los bogotanos, pues las tasas de motorización son muy bajas: menos de 7 carros y 5 motos por cada 100 habitantes. Según la Secretaría Distrital de Movilidad, en Bogotá circulan más de 1,2 millones de vehículos, incluyendo privados, motos, transporte público y de carga.

Para este ingeniero civil, Bogotá tiene una densidad de vías por veh/km parecida a la de ciudades europeas como Londres y muy inferior a la de urbes estadounidenses que basan su movilidad casi exclusivamente en el automóvil. Además, pese a la tendencia creciente en el parque automotor, la solución no es construir más vías. Así lo ha demostrado la experiencia de ciudades estadounidenses como Los Ángeles o Houston, intensivas en el uso del automóvil. "Allá han destinado buena parte del espacio para construir parqueaderos, vías de dos y tres pisos, pero persiste la congestión", afirma. Lo prioritario, insiste, es dotar a la ciudad de un transporte público eficiente, cómodo y ambientalmente sostenible para evitar el riesgo de la inmovilidad.

Juan Pablo Bocarejo, doctor en Transporte de la Universidad de París Este (Francia), resalta que un buen transporte público se caracteriza por combinar

- ◀ Dotar a la ciudad de un transporte público que combine distintos modos debe ser la parte sustancial de un plan para mejorar la movilidad, en opinión del profesor Juan Pablo Bocarejo.



◀ Las proyecciones de crecimiento de tráfico para Bogotá indican que cada década ingresará a la ciudad un millón adicional de carros. Si no se toman medidas, la consecuencia será la inmovilidad.

sistemas de alta capacidad como el metro y TransMilenio, que se desplazan por carriles o rieles exclusivos y que se adaptan a la demanda de pasajeros. “En este momento, TransMilenio en la Caracas mueve 45.000 personas por hora por sentido, más que ningún otro sistema de bus en el mundo —dice—. Uno puede seguir tratando de optimizarlo, pero también debe pensar en las nuevas tecnologías y la siguiente es el metro”.

El escenario que privilegia el transporte público y desestimula el uso del vehículo particular en una ciudad densificada es una de las dos alternativas que describen los ingenieros civiles Bocarejo, Jorge Acevedo, Germán C. Lleras, Germán Ospina y Álvaro Rodríguez y el economista Juan Carlos Echeverry (actual ministro de Hacienda) en el libro mencionado.

La otra opción, que resulta insostenible para los autores, es promover una ciudad expandida donde impere el uso del carro privado. En ese escenario, enfatizan, en la gran Bogotá, que incluye los municipios vecinos, “el total de viajes en auto se duplicará en el año 2020 y para 2040 habrá casi cinco veces más viajes”. Así, la demanda de transporte público descenderá en el largo plazo y la construcción del metro no tendría sentido.

Para los autores, las proyecciones indican que en el 2040, el 80% de la población colombiana será urbana y que, hasta ese año, gracias al aumento del ingreso *per capita* de los bogotanos, cada década crecerán en un millón de unidades los carros en la ciudad. Esto, a su vez, facilitará la expansión hacia los suburbios, con mayor cantidad de viajes individuales, que incluso superarán en número los realizados en transporte público, y se generará un incremento en la contaminación (ver pág. 5).

En opinión del profesor Bocarejo, es muy fácil buscar culpables sobre los problemas de inmovilidad, pero el asunto es más complicado: “Hay un gran desafío y es capacidad institucional;

que en Bogotá haya gente muy buena para innovar en soluciones. Si, por ejemplo, en el IDU alguien encontrara maneras de reducir así fuera 5% el costo de mantenimiento vial, se ahorraría mucho dinero; y si en la Secretaría de Movilidad tuviéramos un número suficiente de especialistas en gestión de tráfico, podría ahorrarse mucho tiempo”.

A su juicio, el reto es lograr un esquema de participación de los actores públicos y privados en la lucha contra la tendencia natural de usar el vehículo privado. “De alguna manera esa ciudad del carro es individualista —dice—. Yo siento que lo mejor es usar mi carro, pero como todos piensan lo mismo, cuando salimos, el resultado para la sociedad es el peor”.

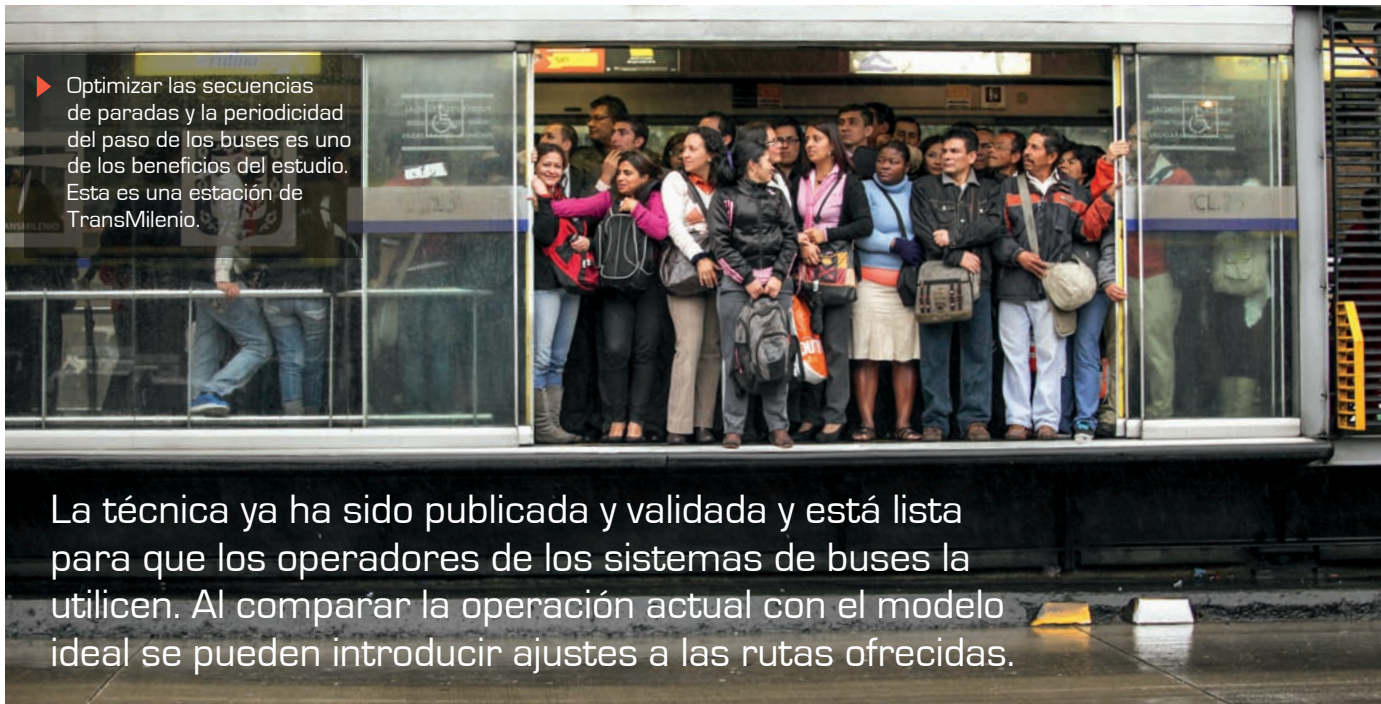
Su visión futurista es la de una ciudad con transporte intermodal, donde cada quien alquile la modalidad que mejor se acomode a sus necesidades del momento y pague de acuerdo con ella y con el recorrido. Así, por ejemplo, cada persona iría a trabajar en bus o en metro porque sería muy costoso pagar peajes y estacionamiento para el vehículo particular o se montaría en un carro eléctrico y pagaría el consumo de energía. El sueño es, entonces, el de una Bogotá que utiliza las tecnologías y la información para asumir la movilidad con innovación. ■

EI GRUPO: SUR (Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional).

CONTACTO: Juan Pablo Bocarejo, ingeniero civil, profesor asistente del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, director del grupo SUR. jbocarej@uniandes.edu.co
<http://movilidadesostenible.uniandes.edu.co>



Software para optimizar rutas de sistemas de buses como TransMilenio



► Optimizar las secuencias de paradas y la periodicidad del paso de los buses es uno de los beneficios del estudio. Esta es una estación de TransMilenio.

La técnica ya ha sido publicada y validada y está lista para que los operadores de los sistemas de buses la utilicen. Al comparar la operación actual con el modelo ideal se pueden introducir ajustes a las rutas ofrecidas.

Resolver el problema de diseño de rutas de los sistemas de transporte conocidos como *Bus Rapid Transit* (BRT), entre los cuales TransMilenio es el de mayor tamaño, fue el objetivo de una investigación liderada por Andrés Medaglia González, director del grupo COPA (Centro para la Optimización y la Probabilidad Aplicada) y profesor asociado del Departamento de Ingeniería Industrial.

Como resultado produjeron un software apoyado en técnicas de optimización de gran escala y de optimización en redes, mediante el cual se intervienen las rutas, un componente estratégico de los sistemas de transporte, para optimizarlas en dos sentidos: en diseño con el fin de determinar cuál es la secuencia de paradas ideal, y en frecuencia para establecer cada cuánto deben pasar los buses por las estaciones. De esta manera podrían solucionarse muchos de los inconvenientes que enfrentan los usuarios cuando ven que algunos articulados vacíos no se detienen en estaciones atestadas de pasajeros o hay escasez de transporte hacia destinos de alta demanda y sobreoferta de rutas hacia lugares de baja ocupación.

El modelo es alimentado con la infraestructura del sistema, los corredores viales, la matriz origen-destino de la ciudad, y las capacidades de los buses, los carriles y las estaciones. Con base en

esos datos es posible proponer cuáles son los mejores recorridos o qué debería ajustarse para hacer más eficiente el sistema de transporte.

“Lo que hacemos es encontrar rutas manejables para minimizar el tiempo total que los pasajeros invierten en moverse y, a la vez, tenemos en cuenta el costo operacional de los transportadores”, explica el profesor Medaglia, ingeniero industrial, con doctorado en Investigación de Operaciones de North Carolina State University. Inicialmente, utilizaron datos aportados por TransMilenio en Bogotá, y más recientemente los del MIO, de Cali. La técnica ya ha sido publicada y validada y ya está lista para que los operadores que quieran comiencen a utilizarla.

El doctor Medaglia precisa que con ella es factible contrastar las rutas actuales de TransMilenio con las ideales, de forma que se empiecen a alterar algunas y migralas a las ideales. “De pronto no puede hacerse una transformación total porque es muy costoso para la sociedad, pero sí pueden introducirse ajustes”, afirma. Agrega que con la herramienta también podría analizarse el Sistema Integrado de Transporte (SIT), que incluye buses y busetas distintos a los vehículos articulados, para recomendarles a los operadores cuáles trayectos deberían ofertarse según la demanda en distintas zonas de la ciudad. Una evaluación en ese sentido

Para avivar el debate

Nadie duda de los severos problemas de movilidad de Bogotá, pero no hay coincidencia acerca de las causas y soluciones. Tres de los puntos polémicos son:

No es el transporte. Son insuficientes en el tiempo soluciones como mejorar el transporte público y los corredores viales, arreglar las vías y limitar la cantidad de carros, pues cuantas más autopistas se hagan, más carros habrá en circulación. El costo de los automóviles está bajando y la gente prefiere pasar dos o tres horas diarias entre un trancón, en su carro particular, en vez de usar el sistema público. La solución a la inmovilidad es crear polos de desarrollo en lugares donde no existen para atraer población hacia ellos.

Gonzalo Mejía
Ingeniero industrial

Infraestructura obsoleta. El atraso en la infraestructura vial causa más congestión que el exceso de carros, pues Bogotá tiene una baja tasa de motorización y apenas 15.000 km de vías pavimentadas.

Eduardo Behrentz
Ingeniero civil

Gestión de tráfico. Más que por falta de infraestructura vial, la congestión obedece a que la ciudad funciona de forma tal que todos acuden al mismo sitio a la misma hora y sobre todo a que falta gestión de tráfico es decir, no hay semáforos inteligentes, los comportamientos son desordenados y hay cuellos de botella.

Juan Pablo Bocarejo
Ingeniero civil

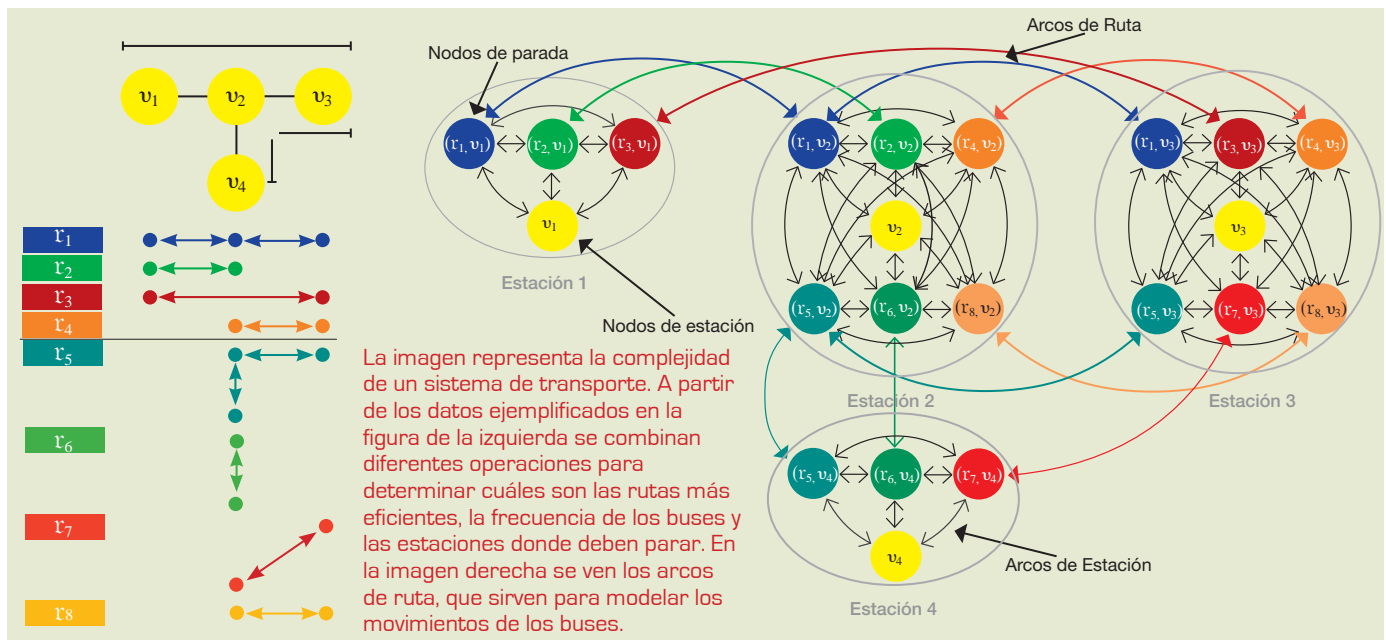
fue la tesis de pregrado de la estudiante Catalina Alvarado usando el SIT de Pasto.

En la investigación del diseño de rutas de los sistemas de transporte BRT han trabajado José Luis Walteros (estudiante doctoral en la Universidad de Florida), Jaime E. González (instructor en Ingeniería Industrial) y Andrés González (estudiante doctoral en la Universidad de los Andes), cuyas tesis de maestría en Ingeniería Industrial aportaron a la metodología con la que hoy se cuenta. En este tema, los investigadores de COPA han tenido la colaboración externa de los profesores Michel Gendreau (École Polytechnique de Montreal), Dominique Feillet (École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne) y el doctor Germán Riaño

(ahora *strategic operations research team manager* de Kimberly-Clark Latin America). Recientemente, Leonardo Lozano (instructor en Ingeniería Industrial) también se incorporó a esta línea de investigación. ■

EL GRUPO: COPA (Centro para la Optimización y la Probabilidad Aplicada).

CONTACTO: Andrés Medaglia, ingeniero industrial, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Industrial, director de COPA. amedagli@uniandes.edu.co



Estrategias para usar con eficiencia el carro particular

Poner en marcha Planes Empresariales de Movilidad Sostenible, instalar peajes urbanos, mejorar la capacidad de gestión del tráfico y reparar y ampliar la malla vial son medidas complementarias para la movilidad.

Fortalecer el sistema de transporte público no es la única medida para mejorar la movilidad en Bogotá. Aparejada con ella, es indispensable idear estrategias para darle un uso eficiente al automóvil, pues la cantidad de carros aumentará paralela al mejor ingreso *per capita* de la población.

Las alternativas son variadas e incluyen, por ejemplo, el ya conocido pico y placa, que a juicio del ingeniero civil Juan Pablo Bocarejo es ineficiente, los Planes Empresariales de Movilidad Sostenible (PEMS), el cobro de peajes en determinadas zonas, las tecnologías inteligentes de gestión de tráfico y reparar y ampliar la malla vial.

Planes Empresariales de Movilidad Sostenible

La Universidad de los Andes y la Fundación Chevrolet de la General Motors trabajan desde hace un par de años en el diseño y puesta en marcha de Planes Empresariales de Movilidad Sostenible, cuya finalidad es promover acciones en el sector privado que contribuyan a mejorar la movilidad urbana reduciendo el impacto de los desplazamientos de empleados, clientes y proveedores. Recientemente se firmó un convenio con la Corporación Andina de Fomento (CAF) para promoverlos en otras ciudades de América Latina.

Este plan ya se aplica en la Universidad y en la General Motors con el programa Comparte tu Chevrolet (Ver CONTACTO # 3, 'La culpa no es del otro', pág. 45) y ahora tiene como participantes en la fase I, a la Cámara de Comercio de Bogotá y a Cemex. Además, Compensar, Tetrapack, Bavaria, HelmBank, Pacific Rubiales, TransMeta y Codensa se unieron a la red de empresas que adelanta esta estrategia de movilidad sostenible.

El programa parte del hecho de que en las zonas urbanas los habitantes se enfrentan a congestión, altas emisiones de material particulado que afectan la salud, desigualdad en el acceso al transporte de calidad y altos índices de accidentalidad, elementos que es factible disminuir con un compromiso decidido del sector empresarial a través de sus divisiones de responsabilidad social.

Como parte de la estrategia, a finales del 2011, la Universidad de los Andes y la Fundación Chevrolet publicaron la Guía para el Desarrollo de Planes Empresariales de Movilidad Sostenible. En ella participaron, por Los Andes, Juan Pablo Bocarejo Suescún, di-



- ▲ Acciones pedagógicas como las que se llevan a cabo en la Semana de la Movilidad en la Universidad de los Andes buscan despertar conciencia acerca de la importancia de respetar las normas.

rector del grupo SUR, y María Fernanda Ortiz Carrascal, asistente de investigación, y por la Fundación Chevrolet, Fernando Alonso Roza, director ejecutivo, y Solenne Cucchi, coordinadora de proyecto en áreas de movilidad y medio ambiente.

El programa tiene cinco fases, así:

1. Diagnóstico: Análisis descriptivo, revisión de infraestructura e impactos sobre el entorno local e indicadores de síntesis (huellas de carbono, equidad, tiempo y calidad de vida). Se hace con encuestas, sesiones de grupo y mediciones de emisión de gases.

2. Formulación de propuestas con cuatro objetivos: menos viajes, desplazamientos más cortos y más eficientes y menores impactos en el entorno. Estas se organizan en cuatro grupos:

- Uso eficiente del automóvil con actividades como carro compartido (*carpooling*), carro multiusuario (*carsharing*) y capacitación en prácticas de conducción y mantenimiento del vehículo seguras y ambientalmente amigables.
- Uso de modos alternos de transporte como bicicleta y buses empresariales.
- Cambio de la cultura corporativa y personal promoviendo acciones como el teletrabajo y modificaciones en los horarios de entrada y salida de empleados.
- Mejoras en la infraestructura empresarial para mitigar los impactos del tráfico en la zona, definiendo políticas de estacionamiento o modificaciones en los accesos.

3. Comunicación de estrategias

4. Implementación

5. Monitoreo

El cobro de peajes toma fuerza

“Cobrar por la congestión es una medida que gana terreno en el mundo —explica Juan Pablo Bocarejo, doctor en Transporte de la Universidad de París Este—. Usar su automóvil genera costos a la sociedad: más tiempo, contaminación que causa enfermedades, accidentes. Entonces, uno debe pagar los costos reales de tomar esa decisión”.

El profesor Eduardo Behrentz, director del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, doctor en Ciencias Ambientales de la Universidad de los Ángeles (UCLA, Estados Unidos), explica que filosóficamente la idea de implantar peajes urbanos es buena porque se regula el comportamiento de las personas sin necesidad de prohibiciones y se les cobra por la congestión y la contaminación, como ocurre en Estocolmo, Singapur y Londres.

Sin embargo, para Bogotá, identifica problemas que plantean desafíos técnicos. Por ejemplo, en las ciudades mencionadas, los peajes se cobran por ingresar al centro, pero en el Distrito no sería posible porque la congestión se da a lo largo de corredores viales como la carrera Séptima y la Autopista Norte.

Lo anterior sucede, entre otras cosas, por el atraso en la infraestructura vial (apenas 15.000 km pavimentados) y no por el exceso de vehículos, pues la tasa de motorización en Bogotá es baja: apenas un carro por cada seis habitantes, en contraste con sitios como Madrid, donde la proporción es de un carro por cada dos personas. El ingeniero Juan Pablo Bocarejo añade que más que por falta de infraestructura, la congestión se da porque el funcionamiento de la ciudad está diseñado para que todos acudan al mismo sitio y a la misma hora y, sobre todo, por gestión de tráfico, aspecto que se explica más adelante.

Un segundo reto es establecer mecanismos de comando y control que obliguen a la gente a hacer caso, como sucede con el pico y placa. El inconveniente con los peajes es que las personas rompen las normas con facilidad y, por ejemplo, no pagan las multas. “Tenemos una debilidad cultural e institucional”, dice el ingeniero Behrentz y agrega otro desafío: establecer una tarifa que no sea muy alta para que el cobro no genere inequidad, pues “no todo dueño de carro es rico. Para muchas personas es un medio de trabajo”.

El profesor Behrentz destaca que las ciudades donde se cobra peaje por usar algunas calles tienen buenos sistemas de transporte masivo. En Bogotá, antes de poner en práctica la medida, deberían ofrecerse alternativas de movilización a sus habitantes. Pero advierte que los peajes sí deberían cobrarse en autopistas urbanas nuevas como la ALO para que los particulares financien la construcción.

Es necesario ampliar y reparar la malla vial

El estado de la malla vial de Bogotá es precario. Datos del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) recogidos en el libro *El transporte*



▲ Construir vías en sentido oriente-occidente, desde la Avenida Circunvalar hasta el río Bogotá, permitiría subsanar una carencia de corredores viales.

Las huellas de Los Andes

Mediciones del grupo SUR sobre la movilidad en la Universidad de los Andes comparando las huellas dejadas por los uniandinos en el 2010 y el 2011 arrojaron los siguientes resultados:

Huella de carbono

Es la cantidad de terreno con cubierta vegetal necesaria para absorber todo el CO₂ que generan los viajes a la Universidad. Disminuyó 14%. En el 2010 fue el equivalente a 3.648 hectáreas de bosque y en el 2011 a 3.121 hectáreas de bosque. La huella de otros gases contaminantes se redujo entre un 20 y un 30%.

Huella energética

Es la cantidad de combustible gastado en los viajes. Bajó 15% al pasar de 789.050 galones de gasolina gastados en el 2010 a 669.776 galones en el 2011.



◀ Reducir las altas emisiones de material particulado es uno de los objetivos de los Planes Empresariales de Movilidad Sostenible.

Huella de equidad

Es la cantidad de dinero que una persona debe destinar de su ingreso para costear el transporte a la Universidad. Se redujo 14%. En el 2010 el gasto promedio anual en transporte fue de 1.193.999 pesos y en el 2011 de 1.033.764 pesos.

Huella de calidad de vida

Es el tiempo que la gente pierde en los desplazamientos a la Universidad. En el 2010, el tiempo promedio anual dentro de un vehículo fue de 18,17 días y en el 2011 de 18,64 días.

como soporte al desarrollo de Colombia. Una visión al 2040, indican que, en el 2007, el 46% estaba en mal estado, el 18% en regulares condiciones y el 36% en buen estado. Para arreglarlas y mantenerlas, en 2005 se calculaba una inversión de 9,3 billones de pesos.

El libro, publicado por la Universidad de los Andes, fue escrito por los profesores de Ingeniería Juan Pablo Bocarejo, Jorge Acevedo, Germán C. Lleras, Germán Ospina y Álvaro Rodríguez, y por el economista Juan Carlos Echeverry, actual ministro de Hacienda. Ellos estiman que para poner en buenas condiciones los 14.759 km de malla vial hay que invertir 2,85 billones de pesos anuales entre el 2009 y el 2018 y a partir de ese momento se requerirán 1,92 billones anuales para mantenimiento. Para proveer esos recursos, proponen nuevos tributos por valorización, sobrecosto en el impuesto predial, y cobros por transitar representados en aumento de la sobretasa a la gasolina o establecimiento de peajes, entre otros.

Gestión de tráfico, otra estrategia importante

Las medidas anteriores deben complementarse con una buena gestión de tráfico, que consiste en administrar bien los flujos. Esto incluye, por ejemplo, semaforización avanzada, buen diseño de vías para evitar cuellos de botella cuando se angostan, reglas claras para la repartición de mercancías y adecuada señalización.

Para el doctor Bocarejo, Bogotá tiene un fuerte rezago tecnológico en los sistemas de semaforización, herramientas em-

pleadas para regular la cantidad de vehículos que pasan por una intersección. "Algunos estudios muestran que el tráfico podría agilizarse entre 20 y 30% con avances técnicos para analizar las condiciones de tráfico en tiempo real, pero aquí los semáforos todavía se programan con base en conteos de hace varios años, que no tienen nada que ver con la realidad del tráfico", asegura.

Una buena gestión de tráfico también implica que haya personal dedicado a recorrer a diario la ciudad para identificar pequeños problemas de señalización o existencia de huecos. "Aquí tenemos 19 localidades, algunas del tamaño de Bucaramanga, y hay dos personas asignadas a mirar el tráfico", dice. ■

EL GRUPO: SUR (Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional).

CONTACTO: Juan Pablo Bocarejo, ingeniero civil, profesor asistente del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, director del grupo SUR. jbocarej@uniandes.edu.co
<http://movilidadesostenible.uniandes.edu.co>

Eduardo Behrentz, ingeniero civil, profesor asociado y director del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.
ebehrent@uniandes.edu.co



Viaje, un portal para la movilidad



La estrategia del carro compartido entra en una nueva fase encaminada a experimentar métodos para masificarla. Los estudios apuntan a identificar incentivos para influir en el comportamiento de conductores y pasajeros.

La cultura del carro particular está muy arraigada en la Universidad de los Andes. Tanto que el último Día del No Carro, en febrero pasado, a las 5:55 de la mañana, los 326 cupos públicos del parqueadero del edificio Santo Domingo ya estaban copados. Muchos estudiantes prefirieron madrugar y llegar provistos de cobija y almohada antes que aventurarse a usar el transporte público o la bicicleta.

El dato, que podría ser otra anécdota en la vida universitaria, resume el reto de investigadores de las facultades de Ingeniería y Economía, que ven una oportunidad de explorar mecanismos

para impulsar y mejorar el uso de Viaje (<http://viaje.uniandes.edu.co>), un portal en Internet que promueve el uso del carro compartido. Este fue lanzado en octubre del 2010 para la comunidad uniandina y surgió de un concurso de proyectos interfacultades financiado por la Universidad.

La ingeniera industrial Natalia Santamaría, doctora en Investigación de Operaciones y Administración de Negocios de Pennsylvania State University (Estados Unidos) no duda de la necesidad de cambiar la perspectiva con que la gente se mueve. "Hay que quitar esa dependencia tan fuerte del carro, pero el transpor-

Datos reveladores

Conteos semanales realizados por los investigadores en el parqueadero del edificio Santo Domingo indican que:

-55% de los vehículos llega al Santo Domingo con un solo ocupante.

-En 20 minutos entran 200 carros al parqueadero. Los martes y los jueves son los días más críticos.

-La mayor congestión por la mañana ocurre entre faltando un cuarto para las 6 y las 6:40, hora en la que el parqueadero ya está lleno.

-Por las tardes, el mayor movimiento es hacia las 5, cuando salen entre 75 y 80 carros en una hora.

-De 5:30 a 6 a.m. ya han ingresado 40 carros al estacionamiento.



◀ Las filas para estacionar en el parqueadero del edificio Santo Domingo son largas y comienzan muy temprano en las mañanas.

te público no invita”, asegura. Por eso, le apuntan a generar conciencia sobre las ventajas de compartir el carro y el efecto que esto tiene para disminuir la congestión y la huella de carbono que deja a diario la comunidad uniandina con sus vehículos particulares.

Para alcanzar ese objetivo, Santamaría, profesora asistente del Departamento de Ingeniería Industrial, y Juan Camilo Cárdenas, profesor titular de la Facultad de Economía, experimentan para entender qué tipo de incentivos deben utilizar para masificar el uso de Viaje. Las estrategias se centran en los conductores para lograr que cada día varios de ellos dejen el carro en la casa, y las opciones incluyen recompensas como rebajas en las tarifas de parqueo y cupo asegurado en el Santo Domingo para el que más pasajeros transporte en su carro y que, además, más veces se convierta en

pasajero. Al final de este semestre empezarán las pruebas piloto.

El proyecto es financiado por la Facultad de Ingeniería, con apoyo de las oficinas de Planeación (Maurix Suárez) y Planta Física (Ethel Segura); de él también hacen parte Juan Felipe Riaño, asistente graduado de la Maestría en Economía, y el profesor Andrés Medaglia, ingeniero industrial, director del grupo de investigación COPA, con doctorado en Investigación de Operaciones de North Carolina State University. El grupo de investigación SUR, dirigido por Juan Pablo Bocarejo, ha hecho mediciones de movilidad alrededor de Los Andes y ha incorporado el portal en la estrategia de movilidad sostenible (Ver CONTACTO # 1, ‘Estudiantes, profesores y empleados se montan al carro compartido’, pág.15).

Como componente de la investigación, los profesores se proponen robustecer el mecanismo para organizar las búsquedas de pasajeros y conductores. “Queremos ver si los métodos de ordenamiento sí están capturando las preferencias de la gente y vamos a empezar a probar diferentes opciones para determinar cuál es mejor —dice la doctora Santamaría—. Cuanto menos tiempo pase una persona buscando viajes, cuanto más efectivo sea el portal, es más fácil que más gente lo use”.

El interés de los economistas

Una particularidad del portal es que permite analizar comportamientos más allá de la movilidad. Para el ingeniero industrial y economista Juan Camilo Cárdenas, doctor en Environmental and

Resultados del primer semestre [cuatro meses de uso]

Se formaron 1.200 viajes compartidos con 820 usuarios entre pasajeros y conductores: 713 pasajeros y 200 conductores, pues algunos juegan doble papel de conductores y pasajeros.

Cada conductor conoció en promedio a 10 personas. Hubo uno que interactuó con 70 personas diferentes. 90% de los viajes son interdisciplinarios.

Resource Economics, de la University of Massachusetts Amherst, integrante del grupo de investigación en Microeconomía y del Centro de Estudios de Complejidad CEIBA, Viaje representa un experimento real cuyo potencial de aplicación se extiende a muchas otras comunidades urbanas.

“Con esta exploración queremos saber si dos personas que no se conocen pueden llegar a confiar entre sí y realizar una acción de beneficio mutuo y en beneficio de la movilidad sostenible de la ciudad —señala el doctor Cárdenas—. Esto es especialmente interesante en Bogotá donde hemos detectado uno de los niveles más bajos de confianza interpersonal entre varias ciudades latinoamericanas”.

Para él, la confianza es uno de los pegantes más importantes de una sociedad e incluso de un mercado. “En el caso de estudio en la comunidad uniandina se trata de un mercado muy particular porque, por ejemplo, hay posibilidad de regalar el viaje, es decir hacer una transacción gratis y sin embargo producir el viaje y percibir los beneficios —agrega—. Eso no debería funcionar en un mercado como el que los economistas están acostumbrados a analizar. Pero sí sucede y con alguna frecuencia en nuestro gran experimento”. ■

LOS GRUPOS

COPA (Centro para la Optimización y Probabilidad Aplicada) de la Facultad de Ingeniería y CEDE (Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico), de la Facultad de Economía.



CONTACTO
Natalia Santamaría, ingeniera industrial, profesora asistente del Departamento de Ingeniería Industrial.
n-santam@uniandes.edu.co



Juan Camilo Cárdenas, ingeniero industrial, profesor titular de la Facultad de Economía.
jccarden@uniandes.edu.co



Andrés Medaglia, ingeniero industrial, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Industrial, director de COPA.
amedagli@uniandes.edu.co



Contra la contaminación, un transporte racional

Una investigación de SUR, que determinó cuánto contaminamos los bogotanos, permitió trazar una política distrital para controlar las emisiones, un asunto de salud pública. Las partículas suspendidas en el ambiente pueden causar la muerte.

- ▶ Por las mañanas, cuando la atmósfera todavía está clara, se observa al suroccidente de Bogotá una nata gris de contaminación que se levanta sobre las edificaciones.

Foto Carlos Mauricio Vega

Si en Bogotá se pone en marcha el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) se podrían reducir hasta en un 70% las emisiones de material particulado en su fracción fina, uno de los contaminantes atmosféricos más importantes y con mayores impactos en la salud de los bogotanos. Aunque la industria formal e informal aporta más del 50% del total de emisiones en la ciudad, la cercanía de la gente a las fuentes móviles aumenta la exposición personal, lo que genera una relación más directa entre estas emisiones y los problemas de salud. Por eso, las principales acciones que propone el Plan Decenal de Descontaminación de Bogotá están encaminadas a reducir los efectos de los más de 1,2 millones de

vehículos que circulan por las calles, cifra que incluye automotores privados, motocicletas, taxis, vehículos de carga y de servicio público. El 75% de esta flota está compuesto por automóviles de uso particular.

El Plan Decenal de Descontaminación de Bogotá (PDDB), que adoptó la Secretaría Distrital de Ambiente como la Política Pública de Calidad del Aire, es producto de una investigación realizada por el grupo de Estudios de Sostenibilidad Urbana y Regional (SUR), de la Facultad de Ingeniería. Eduardo Behrentz, director del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, con doctorado en Ciencias Ambientales de la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA), lideró este trabajo que duró cuatro años y fue con-

- El contacto cercano de la gente con los distintos medios de transporte la hace más vulnerable a sus emisiones contaminantes. El material particulado es el más perjudicial para la salud.

tratado por esa Secretaría, y que requirió una inversión de 2.000 millones de pesos. En él participaron más de 40 personas entre profesores, investigadores y estudiantes de maestría. En la segunda fase, el proyecto también fue apoyado por TransMilenio S.A.

De acuerdo con proyecciones del documento del PDDB, si no se toman acciones, para el año 2020 las emisiones de material particulado habrán crecido alrededor del 70% con respecto a las del 2008. Este es un polvo muy fino generado por la combustión del diésel de buses y camiones que lo usan y del carbón de las industrias, principalmente. Algunas fracciones pueden entrar por las vías respiratorias y alojarse en los pulmones, condición que se ha asociado con enfermedades respiratorias y cardíacas. Además, las emisiones de monóxido de carbono (CO) y carbono orgánico total (COT) habrán aumentado un 10% para ese mismo año y las de óxidos de nitrógeno (NOx) en 30%. El incremento de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) será del 100%. Para impedir que



14 propuestas

- Renovación del parque automotor y de los sistemas de combustión utilizados por el sector industrial.
- Establecimiento de políticas de calidad de combustibles tanto para fuentes fijas como para fuentes móviles.
- Establecimiento de programas de seguimiento y control de la reglamentación sobre calidad de combustibles en los distribuidores de la ciudad.
- Obligatoriedad del uso de sistemas de control de emisiones para vehículos diésel así como para grandes hornos y calderas.
- Ordenamiento y optimización del sistema de transporte público de la ciudad: reducción de sobreoferta, organización del sistema de transporte colectivo, y expansión del sistema de transporte masivo.
- Promoción de buenas prácticas de conducción en vehículos, así como de operación de sistemas de combustión de tipo industrial.
- Mejoramiento de la infraestructura vial de la ciudad, desde pavimentación de calles hasta intervenciones mayores que mejoren el flujo vehicular y aumenten la velocidad media de los vehículos.
- Fortalecimiento y mejoramiento de los mecanismos de comando y control tanto para fuentes fijas como para fuentes móviles, así como la utilización de instrumentos e incentivos económicos y tributarios.
- Establecimiento de normas de emisiones que sean incluso más exigentes que las existentes a nivel nacional incluyendo reglas para industrias, vehículos particulares, vehículos de transporte de carga y pasajeros y motocicletas.
- Promoción del uso del gas natural en las industrias y promoción de la formalidad en el sector industrial.
- Mejoramiento y expansión de los procesos de auditorías a las firmas encargadas de los monitoreos en chimenea.
- Fortalecimiento y expansión sustancial de programas de acompañamiento tales como la ventanilla Acercar.
- Utilización de sistemas de información que, de forma automática y controlada, sirvan para el reporte de los resultados de las pruebas de emisiones aplicadas tanto al sector transporte como al sector de fuentes fijas.
- Establecimiento de una estrategia distrital de educación ambiental.



▲ Con la puesta en marcha del Sistema Integrado de Transporte Público se impondrán los patrones de conducción 'verdes', es decir, más regulares y menos agresivos. Saldrán de las vías 5.000 buses que se chatarrizarán.

esto suceda, además de la implementación del SITP y de la renovación de la flota vehicular, se debe controlar la contaminación del sector industrial informal, promocionar el uso de ACPM de calidad internacional y aplicar el uso obligatorio de catalizadores de gases de emisión en vehículos de carga y en motos. El documento preparado por Los Andes es parte del libro que se puede consultar en el sitio http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/descargas/LibroPDAAB_final.pdf.

Sobre medidas

El profesor Behrentz afirma que la principal fortaleza del Plan radica en que fue elaborado con base en las mediciones del aire bogotano, en las condiciones locales, con los trancones, las lluvias, los huecos, todos ellos factores que inciden en el volumen de las emisiones y en la calidad de la atmósfera. Asegura que "en muchos casos, cuando se hacen estas políticas, la base técnica viene de estudios de otros países, de revisiones bibliográficas", pero este fue un Plan hecho 'sobre medidas'. Esto es importante dado que el documento se convirtió en hoja de ruta para la gestión

relacionada con la calidad del aire y "el precepto de que un buen conocimiento científico y una buena selección de herramientas tecnológicas y regulatorias son la base de toda política pública que pretenda ser exitosa".

El proyecto tuvo dos fases. En la primera se caracterizó el material particulado y se identificaron las fuentes de contaminación. Se actualizó el inventario de emisiones provenientes de fuentes vehiculares e industriales utilizando para ello datos recogidos en campo por el grupo SUR y se analizaron los de concentración de la red de monitoreo de calidad del aire distrital, instalada con ocasión de las recomendaciones hechas por la Agencia Internacional de Cooperación Japonesa (JICA) en 1990. Como consecuencia, se realizaron más de 60 mediciones en chimeneas industriales y más de 200 pruebas en ruta, se visitaron y empadronaron cerca de 3.000 empresas y se recolectó material particulado de cerca de 300 filtros.

En la segunda fase, con base en el conocimiento técnico de ese diagnóstico, se hicieron las sugerencias para delinear la política pública, en un proyecto interdisciplinario de la mano de

la Facultad de Administración y del Departamento de Ingeniería Industrial que ayudó a elaborar el portafolio óptimo de proyectos para descontaminar a Bogotá, de tal forma que la política fuera realista y se pudiera implementar. En la actualidad, un grupo de la Secretaría de Ambiente, creado específicamente con ese fin, trabaja en la aplicación de la Política Pública de Calidad del Aire, afirma Eduardo Behrentz.

La flota bogotana

De acuerdo con el estudio —un ejercicio de gran complejidad y con muy pocos antecedentes— los resultados tienen un alto grado de confiabilidad. Además, una parte de este se hizo "en tiempo real" lo cual permite analizar los ciclos de manejo y relacionar, por ejemplo, la velocidad y la aceleración, es decir, la operación del vehículo, con los contaminantes que emite. En los camiones de carga pesada, por ejemplo, a mayor aceleración, mayores emisiones de material particulado, en especial en aquellos operados con diésel de baja calidad.

Una de las principales conclusiones identifica que los vehículos de modelos viejos, que carecen de convertidor catalítico, junto con los camperos y camionetas con motores de gran tamaño alimentados con gasolina, aportan grandes cantidades de CO₂; los buses con motores grandes, los colectivos y los camiones de modelos más viejos son los campeones en arrojar material particulado a la atmósfera. En cambio, en los buses de TransMilenio, a pesar de su gran tamaño, los factores de emisión son muy pare-

cidos a los de los buses de motor pequeño, incluso de la mitad de cilindraje.

Por otra parte, y a pesar de que los taxis representan un sector minoritario de los vehículos bogotanos, generan contribuciones significativas a los contaminantes debido a su enorme actividad y el consecuente consumo de combustible. Además, los reconvertidos a gas natural tienen un alto nivel de emisiones de CO, NOx y THC, porque sus máquinas fueron concebidas y diseñadas para operar con gasolina y al transformarlas “mediante procedimientos que no necesariamente se ajustan a las especificaciones”, asegura el estudio, pierden los avances tecnológicos con que venían de fábrica, como el catalizador. Además, las “limitaciones de dicha reconversión no permiten una operación óptima del motor” y se generan mayores emisiones. Para que el uso del gas sea limpio debe emplearse sin el sistema dual y sí con la última tecnología disponible, dice el estudio.

Trazar la política

Con los resultados de las mediciones en mano, para SUR fueron claras las medidas que se debían adoptar. Con base en ello, trazaron unas sugerencias marco: la racionalización del transporte público, la modernización de la flota vehicular, el uso de tecnologías de control de partículas en los que usan diésel. También es una prioridad la salida masiva de los colectivos, grandes emisores de material particulado.

Otra de las acciones indispensables se refiere a las motos, que se han multiplicado en las calles bogotanas y tienen una fuerte incidencia en la calidad del aire. “Contaminan más que un carro —dice el profesor Behrentz—. A pesar de que su motor es pequeño y consume menos combustible, están diseñadas para ser baratas y por lo tanto no están provistas de dispositivos efectivos para el control de emisiones”.



Foto cortesía de General Electric

▲ La implementación del transporte público eléctrico reducirá los índices de contaminación. Empresas como General Electric han trabajado en mejorar este tipo de vehículos.

Pero la ‘joya de la corona’ del plan de descontaminación es la puesta en marcha del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) que contempla la chatarrización de 5.000 buses de servicio público, la incorporación de flota nueva con tecnología moderna (Euro IV), la integración con TransMilenio y la adopción de patrones de conducción “verdes”. “El SITP es la principal herramienta para descontaminar a Bogotá porque reduce la sobreoferta, se adopta el esquema de manejo de TransMilenio donde el uso del acelerador y del freno es mucho más racional y, además, disminuye sensiblemente el número de detenciones al organizar el flujo de vehículos y la competencia entre unos y otros”, explica el director del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

“El SITP es un sistema de buses que funciona en 13 zonas en las que está dividida la ciudad, cada una operada por una empresa de transporte —antes había 70 empresas—. Todo va a funcionar

Emisiones de los vehículos de carga liviana de Bogotá (Ton año-1)

Categoría vehicular	CO ₂	CO	NOx	THC
VP1	550.000 ± 100.000	17.000 ± 9.000	1.700 ± 500	2.000 ± 1.000
VP2	680.000 ± 50.000	18.000 ± 13.000	2.000 ± 1.300	2.000 ± 1.300
VP3	360.000 ± 90.000	100.000 ± 40.000	2.000 ± 800	12.000 ± 5.500
VP4	420.000 ± 70.000	95.000 ± 40.000	3.000 ± 1.700	12.500 ± 5.700
CC1	800.000 ± 200.000	22.000 ± 20.000	2.000 ± 1.700	1.500 ± 800
CC2	300.000 ± 40.000	60.000 ± 20.000	2.500 ± 700	8.000 ± 3.000
CC3	370.000 ± 125.000	70.000 ± 25.000	3.200 ± 2.500	6.000 ± 2.000
CC4	250.000 ± 90.000	22.000 ± 18.000	1.800 ± 900	2.500 ± 1.100
T1	360.000 ± 55.000	12.000 ± 4.000	2.500 ± 1.800	1.200 ± 800
T2	600.000 ± 100.000	30.000 ± 12.000	9.000 ± 4.000	12.000 ± 4.000

VP1 = Vehículo de pasajeros; gasolina, TWC (con catalizador), ≤ 1.400 cc.

VP2 = Vehículo de pasajeros; gasolina, TWC (con catalizador), > 1.400 cc.

VP3 = Vehículo de pasajeros; gasolina, no TWC (sin catalizador), ≤ 1.400 cc.

VP4 = Vehículo de pasajeros; gasolina, no TWC (sin catalizador), > 1.400 cc.

CC1 = Campero o camioneta; gasolina, TWC (con catalizador).

CC2 = Campero o camioneta; gasolina, no TWC (sin catalizador), < 2.500 cc.

CC3 = Campero o camioneta; gasolina no TWC (sin catalizador), ≥ 2.500 cc.

CC4 = Campero o camioneta, GNV.

T1 = Taxi, gasolina.

Emisiones de los vehículos de carga pesada de Bogotá (Ton año-1).

Categoría vehicular	PM 2,5
B1	135 ± 100
B2	400 ± 390
C1	135 ± 120
C2	170 ± 140
C3	130 ± 120
MB	10 ± 7
ET	15 ± 12
TM	22

- B1** = Bus o buseta, ACPM, < 5.000 cc.
- B2** = Bus o buseta, ACPM, ≥ 5.000 cc.
- C1** = Camión, ACPM, año modelo < 1997, < 6.000 cc.
- C2** = Camión; ACPM, año modelo < 1997, ≥ 6.000 cc.
- C3** = Camión, ACPM, año modelo ≥ 1997.
- TM** = Bus articulado de TM, ACPM.
- ET** = Bus escolar o de turismo, ACPM.
- MB** = Microbús, ACPM.



▲ El eje del SITP es TansMilenio, que estará coordinado con los demás sistemas de transporte.

con una tarjeta inteligente que le permite al usuario tomar cualquiera de los vehículos”, señala el ingeniero civil Juan Pablo Bocarejo, doctor en Transporte de la Universidad de París Este (Francia), profesor del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Él hizo parte del grupo interdisciplinario del proyecto.

En su participación en esta investigación, el profesor Bocarejo estudió, además, lo que sucedería si aparte de la puesta en marcha del SITP, se incorporaran vehículos híbridos ; si en las zonas o en los corredores más contaminados, los automotores antiguos se remplazaran de manera acelerada por unos con tecnologías más limpias y si se hiciera mayor énfasis en la conducción limpia: “Con nuestras simulaciones vimos que podríamos llegar hasta el 95% de reducción en material particulado y hasta el 30% del CO₂”, señala. Esta parte de la investigación fue realizada con el Clean Air Institute, con apoyo de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, Environmental Protection Agency) y financiada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Si bien las medidas para la descontaminación del aire deben adoptarse para reducir los problemas de salud de la población, los escollos con el SITP parecen dilatar su implementación. Y “cada vez que se corre el cronograma son mayores los costos por enfermedades respiratorias”, anota el profesor Bocarejo. “Si fracasamos, no vamos a poder cumplir, de una manera costo-efectiva, con las metas en diez años”, vaticina, por su parte, Eduardo Behrentz.

La próxima década, Bogotá va a tener un crecimiento económico del 5 o 6%, de acuerdo con todos los pronósticos, comenta el director de este gran estudio. Ese crecimiento será la plataforma para que aumenten los viajes y la compra de vehículos. Probablemente, el sector con mayores desarrollos será el del transporte de carga, que mide el pulso de la economía. Por eso, si no se toman estos correctivos diseñados a la medida, la capital será una ciudad donde no será posible respirar con tranquilidad. ■

ELGRUPO:

SUR (Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional).

CONTACTO:

Eduardo Behrentz, ingeniero civil, profesor asociado y director del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.
ebehrent@uniandes.edu.co

Juan Pablo Bocarejo, ingeniero civil, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental y director de SUR.
jbocarej@uniandes.edu.co



Foto Carlos Mauricio Vega

Las basuras no son basura

◀ En el futuro, los residuos orgánicos serán vitales para una rápida recuperación de los campos agotados por la agricultura intensiva.

Diseñar estrategias a la medida de los distintos sectores socioeconómicos en los que se divide la ciudad proporcionará una salida viable al manejo de residuos sólidos. Es urgente encontrar un camino para la materia orgánica.

Las basuras de una ciudad son un monstruo con vida propia. Y las orgánicas, su veneno, la parte más peligrosa para el medio ambiente. Porque las repercusiones de la degradación de la materia orgánica en el relleno sanitario son tan amenazadoras para el entorno como pueden serlo la proliferación de las basuras plásticas: el efecto de los lixiviados en los suelos y sus acuíferos tarda en desaparecer hasta 100 años y durante 30 años hay emisión de gases contaminantes y de efecto invernadero.

Para el ingeniero mecánico Jorge Medina, doctor en Materiales de la Universidad de Navarra (España), y director del grupo CIPP-CIPEM de Materiales y Manufactura, en el Plan Maestro el Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMMIRS) están plasmadas las directrices para su disposición inteligente. Pero implica adoptar esquemas de reciclaje y construir plantas de transferencia de los residuos para hacer la separación más fina. También, que la materia orgánica, los plásticos y el papel se separen de forma

efectiva, de manera que la recolección pueda hacerse por separado y que alimente los escenarios de reciclaje. "Técnicamente el Plan funciona pero siempre y cuando haya elementos de integración, es decir, que estén involucrados todos los que hacen parte del proceso, para que las autoridades puedan exigir cumplimiento y responsabilidad compartida".

El ingeniero químico Manuel Rodríguez Susa, profesor del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, con doctorado en Ingeniería Ambiental del Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse (Francia), opina que en Bogotá la gestión de residuos sólidos es arcaica: "En Colombia, el relleno es la primera instancia para la disposición de las basuras, cuando debe ser la última. Países que no tienen terreno pero sí una gran población la incineran, lo que implica reducir en un 97% el volumen". Además, opina que el reciclaje es muy bajo porque no hay una política de Estado que lo estimule. Aclara, sin embargo, que este es solo un eslabón de la cadena, que debe estar compuesta por separación en la fuente,



- ▲ Los esfuerzos por separar la basura en la fuente se pierden en los camiones recolectores que no están diseñados para transportar diferentes materiales. Ese es solo uno de los problemas de la recolección.

recolección, valorización, reciclaje, biodegradación, compostaje y pretratamiento de las basuras antes de llegar a su disposición final en un relleno sanitario.

De acuerdo con un estudio realizado en el 2005 por la Universidad de los Andes para la Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos del Distrito, dirigido por el profesor Rodríguez, el 18% de los residuos generados en las casas son potencialmente reciclables. Sin embargo, las bajas tasas en la capital se deben, según él, a un problema de mercado para lo cual plantea una estrategia: “El Estado es el mayor consumidor del país. Qué tal si establece una política mediante la cual el 30% del papel que se utilice en las entidades oficiales deba ser reciclado; si se exige que las botas que se usan en el ejército tengan un componente del 15% proveniente de llantas. Si el Estado asume tal política, incluso si es más costosa, estaría promoviendo la fabricación de productos con materiales reciclados y esto estimularía la industria”.

El ingeniero químico explica que en la cadena de una gestión adecuada primero hay un ejercicio preventivo para evitar la generación de residuos sólidos: un mal embalaje, una mala presentación genera residuos; todos los componentes deben

ser reciclables, fácilmente extraíbles. Hay que ser muy creativos. Luego, hay tres mecanismos de valorización de las basuras. Uno, reciclaje; dos, valorización biológica (compostaje, digestión anaerobia, producción de hidrógeno, etc.), y tres, valorización térmica: liberar la energía que tiene la basura, llevarla a calor y por último, generar energía eléctrica. Después, antes de llevarla al relleno sanitario, se pretrata. Porque el problema de un relleno no es abrirlo sino esperar 30 años para que deje de producir gas y lixiviado. La tendencia es el pretratamiento de la basura para acelerar el proceso de producción de los gases y lixiviados, o extraerlos de forma controlada antes de su disposición.

Aunque rellenos sanitarios hay en todas partes del mundo, son criticables y no son deseables ni sostenibles cuando reciben basura que no ha sido tratada. Nicolás Escalante, Ingeniero Ambiental de Los Andes, que cursa un doctorado en el Instituto de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Stuttgart (Alemania), explica cómo puede ser ese proceso: “El pretratamiento puede ser térmico o mecánico-biológico. El primero se efectúa por medio de incineración y los materiales quedan mineralizados, convertidos en ceniza. En el segundo se reduce y estabiliza la materia orgánica que va al relleno. El térmico tiene mucho éxito en Europa como alternativa frente a la escasez de espacio, pero es muy costoso. El método mecánico-biológico es una opción en países como Inglaterra, donde la incineración tiene mala fama —por las emisiones—. Sin embargo está siendo revaluado pues aunque es un sistema tecnológico avanzado, emplea mucha energía y el mantenimiento de la maquinaria es costoso”. Escalante opina que esas opciones de pretratamiento son ideales pero no tiene mucho sentido soñar con soluciones que no se pueden aplicar en nuestro contexto.

Los desechos orgánicos, un gran problema

Infortunadamente, ni en Bogotá ni en otra ciudad del país existe una política o una estrategia para acelerar la degradación de la materia orgánica, para controlar la contaminación, mitigar la acción de los gases, para utilizarla en la producción de biocombustible o quemarla. De acuerdo con Nicolás Escalante, la me-

La mejor alternativa para estos desechos es su aprovechamiento en la recuperación de los nutrientes a través del compostaje y su uso en los suelos dedicados a la agricultura intensiva, incluso para los erosionados. Empero, la falta de política de Estado, la competencia con los productores de fertilizantes y las dificultades logísticas —la basura orgánica se produce lejos de los campos donde se aprovecharía— dificultan la puesta en práctica de esta opción.

El problema de las basuras es mundial y según Nicolás Escalante, países como Estados Unidos e Inglaterra aún están en vías de resolver este asunto. Incluso aquellos como Alemania, que han encontrado soluciones, llegaron a ellas más por ensayo y error que por un método científico.

Escalante, que estudia el tema de los residuos desde hace diez años, fue instructor del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental y perteneció al Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA). A su regreso se vinculará de nuevo a ese Departamento como profesor asistente. En su investigación para el doctorado busca el método apropiado para diseñar soluciones a la disposición, adecuadas a las economías en desarrollo. Soluciones que, piensa él, deben plantearse a la medida, teniendo en cuenta las estructuras socioeconómicas y los contextos culturales. Solo de esta manera podrán encontrarse opciones viables.

Según Escalante, el principal error para enfrentar el problema de las basuras es no considerarlas como un recurso más: “Necesitamos aplicar una visión de economía cíclica y no pensar que tenemos que deshacernos de los residuos, sino que el sistema económico que los creó debe aprovecharlos para seguir subsistiendo”.

Además, la evidencia muestra que a mayor crecimiento económico mayor producción de basuras, y Bogotá está creciendo: su economía es responsable del 26% del PIB nacional. Por ello hay que considerar la tendencia observada en Europa y Estados Unidos: cuando aumenta el consumo, la composición de los residuos cambia con mayor presencia de plástico.

A pesar de que el destino de los residuos es claro —reciclaje, biodegradación, compostaje y/o pretratamiento, antes de disponerlos en el relleno—, Escalante está convencido de que para tener un modelo adecuado, hecho a la medida, es necesario no solo involucrar a los actores del proceso, sino también saber qué futuro se quiere: “Hay que diseñarlo, planearlo, pues poner en funcionamiento la infraestructura para un sistema de separación y aprovechamiento de residuos orgánicos puede tomar diez años. Esto implica, además, identificar un mercado, compromiso de los hogares y acciones a largo plazo más allá de lo que quiera un gobierno”.

En eso consiste la investigación que desarrolla en su doctorado, con estudio de caso en Addis Abeba (Etiopía): una metodología de planeación estratégica para centros urbanos en economías en desarrollo y en transición con base en modelos dinámicos de simulación. Las propuestas emergidas de un diálogo con los actores involucrados se verifican con modelos matemáticos, y con

pilotos para corregir eventuales fallas que no detecta el computador. De esta forma, las propuestas se pueden ajustar para alcanzar el futuro previsto.

Recolección, un sistema injusto

Para este ingeniero ambiental los temas de aseo están bien en Bogotá: la cobertura de recolección es muy alta, estimada en el 98%, el sistema de este servicio público es bueno y no hay competencia entre las empresas”.

Manuel Rodríguez Susa no lo cree así: “Supongamos que un camión de la basura recorre al día 40 kilómetros, los que van detrás del camión corren media maratón al día, cargando y con botas que no son adecuadas, expuestos a los malos olores entre otras cosas. Esa es una tremenda injusticia que podría evitarse”. Además, critica el hecho de que los camiones recolectores transporten la basura hasta el relleno sanitario, lo cual redundaría en congestión de vías, contaminación e ineficiencia porque los vehículos que atienden los sectores del norte deben atravesar la ciudad hasta Doña Juana y devolverse vacíos a realizar otra jornada. Como opción, en diversos escenarios se habla de las estaciones de transferencia, bodegas ubicadas en el perímetro urbano adonde los recolectores deberían dejar las basuras para que más tarde, en la madrugada, un par de tractomulas las condujeran hasta el relleno.

El desarrollo tecnológico del sistema no se puede definir a priori es la hipótesis de Escalante. La composición de las alternativas para el manejo del residuo emerge del sistema social y productivo y de los valores de una sociedad. La solución que se construya hoy debe ser funcional dentro de 20 o 30 años. ■



- ▲ La disposición de residuos distintos a la basura orgánica representa un problema menos grave porque estos tienen mercados asegurados. En el futuro, la escasez de materias primas promoverá el reciclaje.



▼ Aunque el reciclaje de plásticos es complejo por la variedad existente, es uno de los más organizados en Bogotá, porque tiene un mercado que los demanda.

¿Reciclaje sin recicladores?

Algunos expertos opinan que los recuperadores informales son parte fundamental en la cadena de disposición de residuos. Otros los controvierten.

¿Puede funcionar la cadena de recuperación de materiales sin los recicladores? A partir de los intentos de sacarlos de este mercado, las posiciones a favor y en contra de su trabajo en el manejo de residuos sólidos se han hecho evidentes. En una esquina del debate está Eduardo Behrentz, director del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, con doctorado en Ciencias Ambientales de la Universidad de los Ángeles (UCLA), quien sostiene que “estamos mezclando un problema social con uno urbanístico y ambiental: debemos tener claro cuál es el objetivo de la política. ¿Estamos buscando una estrategia de generación de empleo o perseguimos el aumento de las tasas de reciclaje en los centros urbanos del país?”.

Según el Estudio “El reciclaje en Bogotá: Actores, procesos y perspectivas” (DANE-UAESP, 2003), los recicladores de oficio eran 21.676, el 0,32% de la población. Otro estudio, este de la Asociación Na-

cional de Industriales de Reciclaje (ANIR) estima que en el año 2008, en Bogotá se recuperaban cerca de 2.000 toneladas al día de residuos aprovechables; de estos, cerca del 50% eran papel y cartón, y el 15% plásticos rígidos y flexibles.

Behrentz afirma que los recicladores son la principal traba para una buena separación en la fuente y que sin dicha condición, en conjunto con una estrategia de cultura ciudadana y con un esquema tarifario que promueva el aprovechamiento de los residuos, no vamos a lograr ser exitosos en aumentar los niveles de reciclaje en Colombia.

Por su parte, Nicolás Escalante opina que es un error de paradigma concebir la recolección selectiva como un servicio complementario de aseo, ya que “no se puede reglamentar como aseo una actividad económica. Esta es una logística reversa para proveerles materiales a las cadenas productivas”. El asunto de los materiales

potencialmente reciclables —dice Escalante— es un tema de acoplar la demanda con la oferta de los mercados. Aunque asegura que no es una solución definitiva y no debe considerarse como referente, cuenta que en Alemania todos los empaques que envuelven un producto de consumo deben ser recuperados y para esto se ha licenciado un proceso con un costo que se transfiere al consumidor.

Esa, la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), busca que los industriales controlen todo el ciclo de vida de su producto. Pero si no tienen claridad sobre el destino de sus empaques, se les cobra un impuesto para que otro se haga cargo del reciclaje. En Brasil —cuenta el doctor Jorge Medina—, hay un sistema que es muy fácil de replicar: los clientes de los supermercados encuentran en el parqueadero unas canecas donde pueden depositar los empaques que unas personas catalogan. Y apenas pagan, tienen la opción de des-

hacerse de la caja del dentífrico, por ejemplo y de todo aquello que pierde utilidad cuando un producto sale de la estantería. Así, el supermercado contribuye con una captación de residuos sólidos y estimula la contribución de los consumidores. “No se trata de que no haya empaques —dice el profesor Medina—, porque ayudan mucho en la conservación y presentación de lo que consumimos”.

Por otra parte, se lamenta de que en Colombia los estándares en la fabricación de empaques estén asociados, por lo general, con la vida del producto y su duración en el estante y no se considere su impacto en el medio ambiente. Los diagnósticos del sector, realizados por el grupo de Materiales y Manufactura de Los Andes, son delicados: “Es necesario desarrollar un posicionamiento estratégico de los involucrados en esa cadena de valor, porque funcionan como islas, y ese tipo de posturas son sumamente nocivas. El mundo está desarrollando soluciones a la medida, más flexibles”. En esta dirección se encaminan las investigaciones en bioempaques (ver CONTACTO #2, ‘Empaques y polímeros exploran tecnología propia’, pág 12), “técnicamente bien llevadas a cabo a las que, sin embargo, les falta adelantar en la dinámica de producción a gran escala”.

LOS GRUPOS:

Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIA). SUR (Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional). Materiales y Manufactura CIPP-CIPEM.



CONTACTO:
Manuel Rodríguez Susa, ingeniero químico, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.
manuel-r@uniandes.edu.co



Eduardo Behrentz, ingeniero civil, profesor asociado y director del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.
ebehrent@uniandes.edu.co



Jorge Medina, ingeniero mecánico, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Mecánica, director del Grupo CIPP-CIPEM.
jmedina@uniandes.edu.co

“No se puede afirmar que lo que funciona en otros países va a servir en Bogotá ni que lo que es una solución en el norte de Bogotá va a serlo también en el sur o en el occidente”, señala Nicolás Escalante. Por eso también asegura que es un error craso sacar a los recuperadores ambientales de este proceso: “Así como no nos podemos deshacer inmediatamente del relleno sanitario, no nos podemos des-

hacer de los recuperadores informales. La diferencia es que ellos tienen la capacidad de transformar su condición de informalidad y convertirse en empresarios”.

Manuel Rodríguez también es partidario de que permanezcan en la labor: “Hay que reconocer que son los que saben. Porque separar en la fuente no es fácil, comenzando porque se necesita espacio: el vidrio se separa por colores, hay más de siete categorías de plástico y los recicladores sí saben diferenciarlos”.

“Hay que aceptar —dice Escalante—, que este es un proceso de desarrollo socioeconómico. Cuando haya escasez de materias primas, de recursos naturales, los materiales recuperados serán necesarios y muy apreciados en el mercado. Por eso hablo de planeación estratégica, pues hay que actuar con antelación, de tal forma que cuando esas condiciones se den ya estemos preparados, tengamos montado el sistema y la infraestructura necesaria. Si no se recuperan las materias primas, va a haber desaceleración económica. Y, en la seguridad alimentaria, el aprovechamiento de la materia orgánica será fundamental para mantener los suelos agrícolas. Todo ello será decisivo en la competitividad de una ciudad como Bogotá.” ■



Foto cortesía Jaime Alberto Fernx, Oficina de Comunicaciones Metrovivienda

▲ Manuel Rodríguez opina que no se puede sacar a los recicladores del proceso porque ellos son los que mejor conocen este trabajo. Sin embargo, asegura que es necesario dignificarlo.

Reutilizar las aguas es buen negocio

Cosecha de aguas lluvias y minería de aguas negras, dos conceptos en boga, son alternativas para manejar las pluviales y las residuales. Hay que empezar por transformar la perspectiva social y administrativa con que se mira los ríos.

Cada segundo, el río Bogotá recibe 14 m³ de aguas negras provenientes de la ciudad, que empeoran su condición, después de haber deteriorado física y biológicamente los cuatro principales ríos urbanos. Sin embargo, parte de esas aguas y de esos residuos podrían aprovecharse si se hiciera 'minería de aguas negras', una fuerte tendencia en el mundo que considera un verdadero lujo utilizar el recurso por una sola vez. La minería de aguas negras las clasifica en varias categorías: las negras, que tienen materia fecal; las amarillas, con orina; las grises, provenientes de la ducha, el lavamanos y el lavaplatos, y las blancas, de drenajes y escorrentías por aguas lluvias. Emplearlas de nuevo implica evitar el uso de agua potable en actividades tales como riego de céspedes y parques, construcción, descarga de inodoros, procesos industriales, redes contra incendios o lavado de automóviles. También disminuye los residuos contaminantes. Para reusarlas es necesario un tratamiento que, por ejemplo en las aguas amarillas, supone la extracción de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, útiles como fertilizantes.

Este tipo de minería ve los tubos de desagüe como filones de los cuales saca beneficios y en el futuro surtirá de fósforo a la industria, pues los yacimientos naturales están próximos a acabarse en todo el mundo. Así lo explica Manuel Rodríguez Susa, ingeniero químico, profesor del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Este enfoque, que también haría parte de la recuperación de los ríos, entraña un cambio en las redes de alcantarillado —6.000 kilómetros en Bogotá—, "una infraestructura que se



La Quebrada de la Vieja, en el nororiente de Bogotá, fue recuperada por la comunidad de vecinos. Sin embargo, todavía recibe la escorrentía del agua lluvia que llega por el alcantarillado combinado. Por esas mismas tuberías baja agua jabonosa cuando lavan las terrazas de los edificios vecinos.

está volviendo obsoleta. La renovación es necesaria tarde o temprano porque lo demanda la densificación de la ciudad”, señala.

Pero, además, deben evolucionar la mentalidad y la óptica de la sociedad hacia sus ríos. Porque vaciar aguas negras, sangre y restos cárnicos, químicos y ácidos, como sucede en los ríos Fucha y Tunjuelo que bajan cristalinos de los páramos de Sumapaz y Cruz Verde donde nacen, es solo una muestra de una ingratitud muy vieja de los bogotanos hacia sus cuerpos de agua.

“Infortunadamente, el ejercicio de la Ingeniería Sanitaria ha sido de ensayo y error”, dice este doctor en Ingeniería Ambiental del Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse (Francia). A través de la historia, los ríos se aprovecharon para abastecerse, lavar y transportar contaminación, un proceder que no es solo de los bogotanos y los colombianos: es el modelo que se adoptó en todas partes del mundo, con un costo ambiental sumamente grande.

En países de Europa ya se ha reconocido el error y desde hace varios años empezó la recuperación. En muchas ciudades llevan décadas trabajando en ello y los consideran uno de los ejes alrededor de los cuales se desarrolla la vida en comunidad. Sin embargo, los especialistas aseguran que aún les faltan varios años de trabajo.

Obras de infraestructura, un avance

Pero en la capital estamos lejos de sanear los nuestros: Fucha, Tunjuelo, Salitre y Torca. Se ha adelantado mucho con la construcción de colectores e interceptores, tubos de hasta 6 metros de diámetro que por lo general van paralelos a los ríos. Evitan que las aguas residuales vayan a sus cauces. La que corresponde al Fucha y al Tunjuelo no está en uso todavía pues falta una estación de bombeo, en el suroccidente de Bogotá, que las conducirá hacia la planta de tratamiento de Canoas, prevista para entrar en operación dentro de tres o cuatro años. De acuerdo con el doctor Rodríguez, el proceso de adquisición de la planta elevadora —con un costo aproximado de 150.000 millones de pesos— está en marcha. Los que sí funcionan son interceptores de la cuenca de El Salitre y del Torca, que conducen las aguas a la Planta de Tratamiento de El Salitre que da servicio al norte de Bogotá.

La hora de las decisiones

La información del estado de cada uno de estos ríos está en manos del Acueducto y de la Secretaría de Ambiente, pues durante más de cinco años la Universidad de los Andes ha trabajado con esas entidades haciendo mediciones y diagnósticos (ver CONTACTO # 1, ‘Un equipo de



Foto José Arturo Cardona Salazar

- ▲ Para recuperar los ríos bogotanos hay que desenterrarlos. Así se hizo con el río San Francisco, en el Eje Ambiental, en el centro de la ciudad.

apoyo al saneamiento de los ríos’, pág. 5). De acuerdo con el doctor Rodríguez, las entidades tienen suficiente documentación, hay 30 puntos de monitoreo, se toman muestras cada 20 o 30 días en cada uno de ellos. De hecho, la Secretaría ha dictado resoluciones y adoptado medidas (normas de vertimiento a cuerpos de agua superficial de la ciudad, objetivos de calidad para cada uno de los cuatro principales ríos de la ciudad, entre otros) con base en estos trabajos. Para él, es hora de tomar decisiones. Sin embargo, “es deseable mayor acompañamiento entre las dos entidades, mayor voluntad política. La ciudad tiene que ser autónoma y pensar soluciones para su contexto, para su situación. Hay que tener una visión integral y, como eje, el recurso hídrico. Sobre todo se necesita voluntad política pues aunque las acciones son muy costosas, los beneficios son tremendamente altos. Hay estudios monetizados que muestran que el tener un río saneado genera más recursos que si está contaminado. Son claros los bienes y servicios que presta el recurso hídrico: hábitat de fauna, recurso genético, materias primas, energía, transporte, recreación, calidad de vida, alimento”.

Educación para conocer los ríos

Así que hace falta sensibilizar a la sociedad que ha vivido de espaldas a sus ríos, entender que necesitan espacio, que esas estructuras meándricas que se forman naturalmente por el transporte de sedimentos permiten disminuir los problemas de inundaciones, que las aguas buscan siempre un camino y por eso sus cauces se modifican. Ello permite comprender que, además de las

obras de infraestructura para que las aguas residuales no caigan en sus cauces, para rescatarlos también debemos recuperar sus rondas, lo que significa comprar predios y rehabilitar los espacios que han copado las casas construidas sobre las riberas: “Si se adquieren predios para ampliar las calzadas de TransMilenio por qué no se van a conseguir para los cuerpos de agua. Acciones como estas mejorarán componentes: de movilidad, sociales, ambientales, de recreación. En suma, de calidad de vida”, argumenta el profesor Manuel Rodríguez Susa.

Buena parte de la educación en la que se debe empeñar el Distrito servirá para explicarle a la sociedad cómo el calentamiento global es un hecho que la obligará a cambiar su relación con los ríos, asegura. Porque las condiciones que propicia son extremas: o sequías muy fuertes o grandes períodos de lluvias con las consecuentes inundaciones. Y en este punto señala que otro de los problemas que debe enfrentar Bogotá, como muchas ciudades, es el hecho de haber impermeabilizado sus casi 47 hectáreas de extensión con construcciones y pavimentos, de tal forma que las lluvias no se absorben naturalmente en sus suelos sino que se convierten en escorrentía que va a dar a un alcantarillado combinado como el bogotano —donde se mezclan las aguas lluvias con las negras—, con una carga adicional de sedimentos. En cambio, se deberían ‘cosechar aguas lluvias’, lo que es tener la capacidad de dirigir las, almacenarlas y aprovecharlas en distintos servicios como los mencionados al principio de este texto.

Otra opción es construir más zonas verdes, ampliar las rondas de los ríos, recuperar los humedales, y hasta se habla de pavimentos permeables, no solo para que el agua se pueda recuperar naturalmente en su ciclo de vida, sino también para mitigar el impacto de las inundaciones. “La gente se siente amenazada cuando los ríos crecen. Pero olvidamos que esa es la dinámica de los cuerpos de agua y que la riqueza de muchas regiones se da en función de las inundaciones. Y el calentamiento global va a exacerbar esta situación, es necesario que pensemos qué vamos a hacer en épocas de inundaciones, en las de sequías, cómo vamos a manejar los ríos”, dice. Para ello es fundamental vincular a la comunidad, algo que ha entendido la Secretaría de Ambiente que ya desarrolla proyectos piloto en algunas quebradas de la ciudad para que la gente aprenda a relacionarse de manera diferente con el agua. “Tenemos que ser muy creativos”, concluye Manuel Rodríguez Susa. ■

EL GRUPO

Centro de Investigaciones de Ingeniería Ambiental (CIIA).

CONTACTO

Manuel Rodríguez Susa, ingeniero químico, profesor asistente del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Manuel-r@uniandes.edu.co



Las siete vidas del río Bogotá

Los responsables de la enorme contaminación de este río son los municipios por donde cursa antes de llegar a Bogotá y las aguas negras de la ciudad. La escorrentía por lluvias genera condiciones de anaerobia. Esta podría controlarse si el sistema de drenaje tuviera suficiente capacidad de almacenamiento y de asimilación.

Cuando en la capital del país cae un aguacero, el caudal del río Bogotá aumenta en cerca de 80 m³ por segundo. Incluso si se realizara la descontaminación de las aguas residuales domésticas, las condiciones de calidad del agua del río serían anaerobias, es decir, el oxígeno disuelto se agotaría. Esto sucede porque la urbanización convirtió a Bogotá casi en un desierto pavimentado y las aguas pluviales corren por sus calles arrastrando contaminación hacia los alcantarillados y hacia los ríos y quebradas que luego desembocan en el río tutelar.

Por eso, el ingeniero civil Luis Alejandro Camacho, doctorado en Modelación de la Calidad del Agua en Ríos, del Imperial College (Londres), propone tres estrategias para mitigar el efecto de la escorrentía: la primera es incorporar los conceptos de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenibles (SDUS) en el Plan Maestro de Alcantarillado, que pretende controlarla en una ciudad altamente densificada. El SUDS contempla un ‘tren’ con distintos mecanismos de almacenamiento de aguas lluvias: cubiertas verdes, tanques en los edificios que las recojan, un sistema de alcantarillado que interactúe con piscinas de almacenamiento temporal de agua y de retención hídrica como los humedales naturales y artificiales; que haya más zonas verdes, más prado para que el agua se infiltre y pavimentos porosos que las absorban. “El concepto para el manejo de las lluvias es almacenar, almacenar, almacenar. Pero mientras este tipo de acciones no estén en un plan maestro, nadie les va a poner atención a los conceptos prácticos ni creará en la utilidad de los sistemas de drenaje urbano sostenible”.



Foto cortesía El Tiempo

Camacho comenta que en Alemania, por ejemplo, hoy no se puede construir una casa o edificio de habitación sin proyectar un tanque de almacenamiento de aguas lluvias, que se usa para lavar carros y regar jardines, entre otros. Y en Inglaterra existen dos opciones: o se paga un impuesto al Estado que asume la disposición de las aguas pluviales, o cuando se pavimenta una zona verde se diseña con condiciones tales que la escorrentía generada sea igual a la que tenía el predio antes de ser urbanizado.

La segunda estrategia es generar Corredores Verde-Azules. La propuesta es integrar los parques y corredores verdes al manejo de los cuerpos de agua de la ciudad, recuperando ese sistema. Cuando el río pasa por un parque se rompe su canal para hacer un humedal, utilizando la misma zona verde para sembrar plantas nativas. De manera que cuando llueve, la escorrentía se conduce hasta el humedal. Este esquema, que también se usa en la restauración de ríos, ya se practica en Holanda.

La tercera estrategia va de la mano de las dos anteriores y consiste en minimizar la contaminación difusa: la escorrentía pluvial debe tener la menor carga posible de sedimentos, de contaminación orgánica y nutrientes para que estos no lleguen a los ríos. Si la escorrentía se dispersa en una zona verde, en un humedal, el impacto de la contaminación se minimiza. Lo mismo sucede con la lluvia ácida.

▲ Ni la ronda ni el curso natural del río se han respetado. Por eso los desbordamientos en las épocas de lluvia son un evento que se repite. Acá, a la altura de La Caro, en límites de Chía.

Para Luis Alejandro Camacho, profesor del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, si una ciudad con altos índices de urbanización como Bogotá no adopta estas estrategias, la Planta de Tratamiento de Canoas —que no se ha inaugurado— pronto sería insuficiente: resulta poco eficiente tratar, además de las aguas residuales, un volumen tan grande de escorrentía pluvial cuando se le puede dar otros manejos.

Acciones conjuntas con los municipios

Y aunque la capital tiene una gran responsabilidad en la contaminación del río Bogotá —vierte cerca de 14 m³ por segundo de aguas negras— y buena parte de esta se puede evitar con los estrategias mencionadas aquí y en el artículo anterior, según el doctor Camacho se necesitan acciones parecidas en los municipios de la parte alta de este cuerpo de agua de 330 kilómetros de longitud.

Porque si el Bogotá fuera tan grande como el Magdalena, con un caudal de 7.000 m³ por segundo, podría recuperarse tras su



◀ La estrategia de los corredores verde-azules contempla aprovechar los humedales para que, incorporados a los ríos de la ciudad, absorban la escorrentía producto de las aguas lluvias.

paso por la ciudad que vierte sus aguas residuales en su cauce. Pero es de apenas de 10 m^3 por segundo, con una capacidad de asimilar contaminación tan baja que no puede recuperarse una vez más. Además, dice el profesor Camacho, la norma escocesa habla de una relación de 7 a 1, es decir, que se puede verter agua contaminada en un río si su caudal es 7 veces mayor al caudal del vertimiento. Y aquí la relación es menor a uno. Pero la capital no es la única culpable del daño.

De hecho, nuestro río, que nace en el páramo de Guacheneque a unos cinco kilómetros de Villapinzón, queda sometido varias veces a condiciones anaerobias tras superar los diferentes municipios por donde cursa. Sin embargo, una vez los deja atrás, se recupera de nuevo, como si tuviera las siete vidas del gato. “Como el agua es el disolvente universal logra deshacerse de una parte de la contaminación”, señala el profesor.

Camacho, que ha monitoreado la calidad de sus aguas por más de diez años, considera necesarias acciones en la parte alta del río para detener el deterioro observado en ese lapso de tiempo. Por una parte, propone que Bogotá destine por lo menos un billón del presupuesto previsto para la planta de Canoas a la modernización de las plantas de tratamiento de aguas domésticas de Chocontá, Suesca, Zipaquirá y Chía, cuya capacidad es insuficiente frente al crecimiento de esas poblaciones y su nivel de urbanización. “Si realmente queremos sanear el río, la ciudad tendría que concertar con esos municipios para conseguirlo y, teniendo en cuenta el costo-beneficio, como sociedad deberíamos hacerlo. Además porque de esas aguas se surte la planta de potabilización de Tibitoc que abastece a 2 millones de habitantes de Bogotá”.

Desde que pasa por la primera población, Villapinzón, el río sufre las consecuencias del vertimiento de aguas residuales domésticas —pues no tiene planta de tratamiento— y luego la acción de los químicos y el material orgánico de las curtiembres. “Si bien hoy estas industrias son menos, ahora son más grandes y arrojan

una cantidad alta de desperdicios al río. Unas horas después de los vertimientos que lo dejan en condiciones anaerobias, el río logra recuperarse. De ahí en adelante —afirma Camacho— hay una cultura muy curiosa según la cual los campesinos no tienen reparo en echar los desperdicios de los establos, por ejemplo, porque dicen que el río ya viene contaminado, y no son ellos los responsables”.

Agrega: “A la altura de Tocancipá, donde hay diferentes industrias que afirman no hacer vertimientos, si uno mide en determinados momentos, hay indicadores que demuestran lo contrario”.

Así sucede desde Suesca hasta la planta de Tibitoc, que toma 4 m^3 por segundo para purificarla, de tal forma que, cuando llega de Zipaquirá, el caudal del cauce está muy disminuido, en especial en época de sequía. Allí recibe “el cadáver contaminado del Río Negro y nuevamente el Bogotá se queda sin oxígeno”. Unos kilómetros más adelante se recupera otra vez hasta cuando recibe los residuos de Chía y del canal Torca. Entonces entra en muy malas condiciones a Bogotá.

“El problema del río Bogotá es tan grave en este punto que ni el tratamiento primario o secundario le sirven. Hay que llevarlo al nivel máximo”, asegura Luis Alejandro Camacho. Pero ni la planta de El Salitre, que funciona en el nororiente de la ciudad, ni la de Canoas en su primera etapa, tienen esta capacidad. Por eso, estos correctivos son urgentes. ■

EL GRUPO

Centro de Investigaciones de Ingeniería Ambiental (CIIA).

CONTACTO

Luis Alejandro Camacho, ingeniero civil, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

la.camacho@uniandes.edu.co



La prevención en la mira

La probabilidad de que ocurra un terremoto en Bogotá ha puesto a algunas autoridades distritales a trabajar en preparación y atención. Un estudio liderado por el Departamento de Ingeniería Química es un avance en materia de garantizar los servicios vitales en condiciones de emergencia.

Foto Creative Commons, Mark Wolf



Bogotá lleva cerca de una década preparándose para la ocurrencia de un sismo de magnitud importante. La experiencia de Chile demostró que la preparación es el mejor mecanismo para superar con éxito la emergencia, para restablecer los servicios básicos y atender a los afectados. Sin embargo, si bien Bogotá se encuentra en una zona de sismicidad media, el principal riesgo que corren los capitalinos es olvidar la ocurrencia de eventos como el de 1917. Así opina el ingeniero químico Felipe Muñoz, quien dirigió el trabajo Evaluación de Tecnologías para Dotación de Servicios Vitales en Alojamientos Institucionales, el cual busca definir las tecnologías apropiadas para la dotación de servicios vitales en alojamientos temporales. Estos suplirían la demanda de hogares por un período no superior a doce meses, mientras los procesos de reconstrucción brindan soluciones definitivas de vivienda.

- ▲ Remolques destinados por la Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés) como vivienda temporal para las víctimas del huracán Iván, 2004, en Pensacola (Florida, Estados Unidos). Se pueden ver las instalaciones adaptadas para la distribución de la energía eléctrica.

“Nos hemos creído invulnerables frente al sismo, las empresas de servicios ven muy lejana esa posibilidad”, dice Giovanni Almanza, del Grupo de Redes del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (Fopae). Y ese ‘silencio sísmico’ nos pone cada vez más cerca de la posibilidad de que ocurra un fuerte evento tectónico, por probabilidad, aunque también puede que no suceda.

Por eso, para Felipe Muñoz, con doctorado en Ingeniería de Procesos y Productos del Institut National Polytechnique de Lo-

rraine (Francia), lo más importante del estudio contratado por Fopae es que se logró convocar a las instituciones gubernamentales que trabajan sobre el sistema distrital de emergencia y a las empresas que prestan los servicios, y, entre todos concertaron la forma adecuada de cubrir la demanda. Este trabajo fue posible gracias al concurso de los departamentos de Diseño Industrial, Ingeniería Eléctrica y Electrónica y a la Facultad de Derecho.

El estudio para esta evaluación fue contratado por Fopae porque una de las preocupaciones de la ciudad era cómo darles servicios públicos a los Alojamientos Temporales. “Nos dimos cuenta —señala Giovanni Almanza— de que debíamos saber cómo los íbamos a dotar en caso de una emergencia de este tipo”. Almanza es ingeniero civil de la Universidad Nacional y pertenece al grupo de Redes de Fopae, creado en el 2006 para trabajar en el riesgo al que están expuestos los servicios básicos. El objetivo del proyecto era determinar cuál es, para diversos tipos de escenarios de daños y de alojamientos, la mejor tecnología disponible para atender las demandas en: residuos sólidos, aguas residuales, agua potable, energía eléctrica y comunicaciones. Con esta herramienta en mano, Fopae quiere coordinar con las entidades involucradas las acciones necesarias para que se tomen las decisiones de acuerdo con sus competencias: “Estamos haciendo la sistematización del proceso para facilitarla, de manera preventiva”, dice Almanza. Y aunque no pueda saberse ahora cuánto vale restablecer esos servicios en condiciones de emergencia, explica Muñoz, sí es posible determinar que una tecnología cuesta más o menos que otra. “Hicimos balances entre las más baratas y las de mayor calidad”.

Felipe Muñoz, profesor asistente del Departamento de Ingeniería Química, ha trabajado el tema de riesgos con Fopae en dos ocasiones anteriores: en la primera, con el grupo de Diseño de Productos y Procesos valoraron las Actividades Industriales de Alto Riesgo (AIAR) (ver CONTACTO # 1, “industria segura, Bogotá protegida”, pág. 9); en la segunda, estudiaron el modelaje y evaluación de afectaciones por la dispersión de gases más densos que el aire. En la actualidad, funcionarios de Fopae continúan trabajando con los resultados obtenidos en estas investigaciones.

Para 12 meses

En esta investigación hubo que empezar por definir qué es un Alojamiento Institucional y para ello tomaron como referencia manuales de la Cruz Roja, de Naciones Unidas y de algunas organizaciones no gubernamentales. Según Felipe Muñoz, este Alojamiento es diferente al que se proporciona durante la emergencia misma, los primeros días después del terremoto, y que por lo general se concede, sin garantizar el Derecho Internacional Humanitario (DIH), en escuelas y coliseos, áreas públicas que brindan techo.

De acuerdo con el profesor Muñoz, el DIH es el eje central a partir del cual se evaluaron las tecnologías para atender los servicios básicos. Señala que, en situación de emergencia, es esencial mantener el núcleo familiar, la privacidad y la seguridad de las personas por medio de una estructura habitacional que dé protección:

“Habrá personas heridas, gente que padece por alguien desaparecido, personas muy afectadas psicológicamente. Cuando metes a 200 en un coliseo o en una escuela, rompes el núcleo familiar y la privacidad. Esa situación no se puede mantener por largo tiempo. Para dar techo hay que pensar en sanidad y seguridad y en cómo recuperar la intimidad y el tejido social que se ha visto vulnerado. Para ello son indispensables unos servicios mínimos: de sanidad y de comunicación”.

Como resultado del trabajo, para este tipo de alojamientos, la investigación contempló cada habitáculo para 4 o 5 personas con áreas abiertas de 30 a 45 metros por individuo, con letrinas y zonas de lavado para 150 personas en un espacio público, además de los servicios de alumbrado, lugar de disposición de residuos y puntos de agua potable. Y, en su interior, de 3 a 3,5 metros cuadrados por sujeto. Se consideraron las necesidades internas como el número de puntos de energía y de luz artificial.

Para ubicar los Alojamientos Temporales, Fopae ha definido plazas, parqueaderos, zonas verdes extensas y parques, aunque según comenta Giovanni Almanza, de acuerdo con el Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD) la ley no permite modificarlos con ningún tipo de obras. “No hay legislación para la emergencia”, afirma el funcionario quien, además, asegura que se trabaja para solucionar este tipo de escollos. También hay vacíos con respecto al suministro de servicios públicos: “Es claro que no se pueden prestar de manera gratuita, entonces tenemos que ver quién los pagará —por ejemplo la Secretaría de Hacienda— y a qué tarifa, quién asumirá el costo de la construcción de los alojamientos, de los habitáculos y los gastos para prevención, como la compra de los elementos evaluados en el estudio de Los Andes”. Por su parte, Muñoz asegura que nunca se había pensado en tér-



Foto Creative Commons, U.S. Navy, periodista primera clase James Pinsky

- ▲ El ejército asume el manejo de las emergencias porque es el que dispone de la logística para una rápida atención. En la foto, marines de la Armada de Estados Unidos construyen alojamientos temporales para atender a las víctimas del huracán Katrina que afectó a Nueva Orleans en el 2005.



Foto Creative Commons, Jorge Barrios

- ▲ Edificio de apartamento colapsado durante el sismo que afectó a Chile en febrero del 2010. En Bogotá, los Alojamientos Institucionales Temporales darían vivienda durante por lo menos doce meses a las personas que pierdan la suya.

minos de emergencia, en qué infraestructura y servicios necesitaría una población que se viera afectada por un sismo.

Así que definieron que un albergue está compuesto por varias unidades habitacionales y se consideraron tres escenarios posibles: de 1.000 unidades habitacionales, de 500 y de 100, lo cual determina la demanda de cada servicio. Cada empresa definió las fases de su actuación, se estandarizó un proceso de ocho etapas, y esta información se utilizó para generar otros escenarios. “Por ejemplo, para agua potable: fuente de agua, conducción, planta de tratamiento, conducción hasta las zonas de consumo por ramales: principales, intermedios y locales. Y luego, el lugar donde se almacena en el sitio de consumo. La ocurrencia del sismo podría dañar toda la cadena o algunas partes”.

En una comisión de emergencia lo importante es estandarizar, anota el doctor Muñoz: cadenas de mando y niveles de respuesta. “Si estandarizas se puede prever una serie de elementos

que, dado el evento, van a estar ahí: así la instalación va a ser mucho más fácil”.

Agrega: “Es muy sencillo llegar a acuerdos con los que ya han vivido una emergencia porque los niveles de sensibilización son diferentes”, dice el doctor Muñoz. Codensa y Telefónica estuvieron presentes en el terremoto ocurrido en Chile en el 2010 y aportaron su experiencia en la atención de ese desastre. Del sismo chileno no solo se aprendió que una respuesta más oportuna y eficaz a los damnificados es posible en la medida de la preparación, sino que, además, sensibilizó a estas empresas prestadoras sobre la importancia de la planeación de este tipo de eventos, de tal forma que ya hay un camino andado en caso de que se rompa el silencio sísmico de Bogotá. ■

EL GRUPO

Diseño de Productos y Procesos (GDPP).

CONTACTO

Felipe Muñoz, ingeniero químico, profesor asistente del Departamento de Ingeniería Química. fmunoz@uniandes.edu.co



Lo básico, una prioridad

Con el estudio Evaluación de Tecnologías para Dotación de Servicios Vitales en Alojamiento Institucional, las empresas prestadoras podrán adelantar sus planes de contingencia.

¿Qué servicio es más importante, cuál debe suministrarse primero? El profesor Muñoz afirma que las prioridades para todos son iguales y simultáneas: “Si no tienes agua, no hay sanidad; si no hay luz, no hay seguridad; si no hay recolección de residuos sólidos o de agua residual, hay un problema de salud pública; si no tienes agua potable, no puedes vivir; lo mismo con las telecomunicaciones. Son tan importantes los servicios que garanticen la supervivencia como la comunicación”.

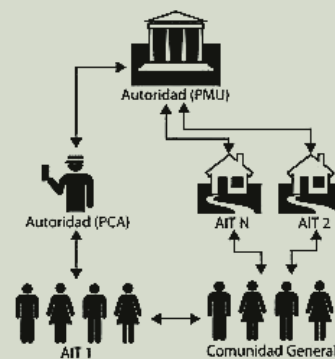
Cada servicio tiene ocho etapas para su prestación. La afectación de alguna o varias de esas etapas genera unos escenarios. Para prestar cada uno es necesario “encadenar” tecnologías que se denominaron rutas de ensamble tecnológico. Para 3 tipos de alojamiento se analizaron un total de 164 tecnologías con criterios de calidad, cantidad, usabilidad, flexibilidad, compatibilidad y costo para especificar la oferta y la demanda con los cuales se realizó la evaluación. De todo este trabajo resultaron centenares de variables y posibilidades, una enorme cantidad de datos que el Departamento de Ingeniería Industrial ayudó a resolver de manera gráfica, de tal forma que los operadores pudieran leerlos rápidamente. Del prestador depende tomar las decisiones más adecuadas, ya que dispone de esta herramienta.

Residuos sólidos: Para evitar la propagación de enfermedades ocasionadas por descomposición, la cadena estudiada contempla: punto de generación, almacenamiento temporal en el sitio, recolección, almacenamiento más grande en un grupo de alojamientos.

Agua potable: Se estudiaron diferentes configuraciones de sistemas para suministro de agua potable en casos de emergencia. Giovanni Almanza comenta que se están analizando pozos, que no han sido explotados, en los cerros orientales. Uno de los varios escenarios posibles es el que se presenta si se llega a afectar la red primaria de acueducto desde Tibitoc hasta Bogotá: el agua se tomaría de pozos subterráneos por lo cual habría que instalar potabilizadores en cabeza de pozo. Podría distribuirse en bolsas y para esto se requiere una embalsadora. Si se pierde Tibitoc habría que potabilizar *in situ*.

Aguas residuales: Es necesario atender las necesidades de saneamiento con instalaciones tales como letrinas, duchas,

Necesidades de comunicación de los Alojamientos Institucionales. PMU: Puesto de Mando Unificado. PCA: Puesto de Comando del Alojamiento. AIT: Alojamiento Institucional Temporal



lavaderos, pozos sépticos, considerados para las zonas abiertas del alojamiento. De esta forma se conjuran los problemas de salud pública ocasionados por la proliferación de aguas residuales sin una disposición adecuada pues, además de las víctimas del sismo, pueden aparecer por problemas de saneamiento básico. Es importante que las empresas se asesoren en la adopción de planes de contingencia en atención de desastres y que busquen recuperar la infraestructura dañada en el menor tiempo posible.

Energía: Además de los elementos necesarios para un alumbrado público, se consideraron puntos de energía para los lugares comunales en los alojamientos, donde estarán electrodomésticos como estufas, neveras, lavadoras, horno microondas y licuadora. Como con el pasar de los meses la gente irá recuperando sus enseres, cada unidad habitacional también debe tener puntos eléctricos para ello e iluminación interior. Todo ello sirvió para estimar la carga eléctrica necesaria.

Telecomunicaciones: Las comunicaciones les permiten a las autoridades establecer contacto con la comunidad y con los administradores de albergues, con hospitales, entre muchos otros, y son una herramienta para cuantificar la emergencia y los recursos y coordinar los esfuerzos en todas las etapas del proceso. Además, son importantes para el bienestar psicológico de la gente que, de esta forma, puede tener contacto con sus seres queridos. Un medio eficiente de comunicación son las redes sociales y Twitter. Pasada la emergencia, un albergue necesita 10 puntos de comunicación. ■

La crítica, un detonante de la creatividad

Desarrollar una metodología participativa para diseñar sistemas de información dirigidos a las empresas, y participar en la creación del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, y del CIFI, son, entre muchos otros, logros del profesor titular Ernesto Lleras.

Creativo, inconforme, retador y crítico. Así se describe Ernesto Lleras, profesor titular de la Universidad de los Andes, quien durante 40 años ha investigado sobre sistemas de información para empresas. Estos remplazan los archivadores donde se almacenan balances, estadísticas de ventas y cartera, y son, a su juicio, una herramienta indispensable para sobrevivir, pues al ser computarizados y automáticos evitan que el gerente se confunda y le facilitan hallar el camino correcto. “Cuando se trata de desarrollar ideas, todos los empleados son gerentes de su puesto de trabajo y deben asumirlo como una gerencia porque cada uno debe tener información para tomar decisiones”, sostiene.

Lleras estudió ingeniería eléctrica en Los Andes y comenzó su carrera profesional en IBM. Con la perspectiva de investigar se vinculó a Los Andes, donde dirigió el Centro de Cómputo, hasta que, con ayuda del decano Carlos Amaya, obtuvo una beca para una maestría en Computer Science, en University of Pennsylvania. “En Estados Unidos entré en crisis porque estudiaba máquinas que no servían en Colombia —relata—. Mi compromiso con el país me motivó a entender cómo funciona la gente porque ella es quien usa los sistemas de información”. Por eso estudió también Comunicación Organizacional en la Escuela de Comunicación de esa Universidad.

Con sus títulos y muchas inquietudes regresó a Los Andes, donde existía Sistemas y Computación como apéndice de Ingeniería Eléctrica y él fue el gestor principal para crear un Departamento independiente en 1975. Al llegar encontró que la Universidad ya tenía Maestría en Ingeniería y su espíritu rebelde resurgió: “Me opuse porque no había investigación y este es un requisito para la calidad”, cuenta y agrega que, por ser crítico, lo nombraron director de la Maestría en Sistemas y Computación “a ver qué proponía”. Su respuesta fue crear el Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería (CIFI), con Alberto Sarria, de Ingeniería Civil; Antonio García



▲ El profesor Ernesto Lleras ha sido uno de los grandes promotores de la investigación en la Facultad de Ingeniería.

de Ingeniería Eléctrica, y María Edna de Carrasco, de Ingeniería Industrial.

Luego, en 1979, se fue a MIT, en Estados Unidos, para estudiar las estructuras de poder en las empresas, pero no concluyó el doctorado porque regresó a dirigir el CIFI. “Me inventé los grupos de investigación, porque debía haber espacios de diálogo para compartir experiencias con pares. Uno de mis mentores fue Fernando Navas, a quien, igual que a otros muchos, agradezco inmensamente porque la vida no es uno solo, sino uno en relación; uno siempre está en red”.

Entre sus numerosos logros, propuso el curso de Introducción al Pensar, que derivó en Pensamiento Sistemático y que inicialmente dictó con profesores de Filosofía. También desarrolló pedagogía para articular la tecnología en las mipymes, a las que considera la columna vertebral empresarial colombiana; introdujo “cambios radicales” en el curso de Introducción a Ingeniería de Sistemas, y con sus estudiantes diseñó el curso de Informática y Sociedad. Integró el grupo de Teoría de Sistemas en las Organizaciones y fue cocreador del grupo de Tecnología y Sociedad. Es autor de *Poder e Información*, entre varias publicaciones, y presidió la Asociación Latinoamericana de Sistemática y la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas (ACIS).

Como en sus primeros años, sigue pensando que lo más importante es responder a las necesidades sociales con la tecnología. Porque “no son las máquinas por las máquinas”.

El profesor Lleras tiene muy claro que la creatividad que despiertan sus cuestionamientos retadores es eficaz para influir en la clase dirigente y, por ende, para contribuir a la transformación social de Colombia. Su siguiente meta es escribir y pintar, pero no se imagina la vida sin estudiantes. Este semestre no da clases regulares, sino conferencias, y aunque varias de las reformas que introdujo no perduraron, piensa que lo importante es haber colaborado a la construcción de academia, de una universidad seria. ■

Privacidad o acceso a servicios web, los dilemas del Big Brother

Información es el nombre de la moneda para el mundo virtual. Ella da acceso a servicios a cambio de entregar datos personales que pueden ser usados con fines tan opuestos como mejorar el funcionamiento de una ciudad o cometer delitos.

50

Como si hiciéramos parte de la novela *1984* de George Orwell, en la que el Big Brother controla la vida de los individuos y se inmiscuye en su intimidad, miles de ojos electrónicos vigilan nuestros pasos a partir de la información cedida cada vez que utilizamos alguna de las aplicaciones disponibles en el mundo digital. Las huellas que dejamos pueden facilitarnos la vida o comprometer nuestra privacidad y seguridad.

La herramienta, como toda tecnología, es neutra y, como toda novedad exitosa, resulta tan fascinante y útil que es difícil no interactuar con ella. La usamos para navegar en Google, para el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) del teléfono celular, para pagar con la tarjeta de crédito o para relacionarnos con gente. La calidad y cantidad de servicios va aparejada con el volumen de datos personales que estemos dispuestos a entregar: cuanto más sepan los

proveedores de nuestros gustos y hábitos, mayores ventajas nos ofrecen y, al mismo tiempo, surgen más peligros de que sean utilizados por terceros sin nuestro permiso o para fines ilícitos.

“El límite para los nuevos servicios es la imaginación —sostiene el ingeniero de sistemas y computación Harold Castro, doctor en Informática del Institut National Polytechnique de Grenoble (Francia)—. Ahora son viables muchas cosas que antes no lo eran. Podemos suscribirnos al servicio de tráfico y conocer la mejor ruta para llegar a la casa, pero a cambio debemos decir dónde estamos y para dónde vamos”.

Para este investigador, que es profesor asociado del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, en los últimos años, la vida de la gente sufrió un cambio radical con los avances enormes en tecnología, en particular en banda ancha y movilidad. “Hoy tenemos la posibilidad de transmitir gran cantidad de

Investigaciones en Los Andes

Los grupos de investigación de la Facultad de Ingeniería han abordado la privacidad y la seguridad informática desde distintas perspectivas. Algunos trabajos son:

- José Tiberio Hernández dirige una investigación sobre cómo hacer análisis de grandes cantidades de trayectorias en una ciudad a partir, por ejemplo, de la posición de los teléfonos celulares. “Si la Administración pudiese tener acceso a los datos de cómo se movieron los siete millones de celulares activos de Bogotá, tendría un mapa de la movilidad de las personas ya no muestral sino casi censal y con ello podría mejorar continuamente

el funcionamiento del Distrito”, dice.

- Sandra Rueda está comenzando un proyecto de investigación cuyo propósito es trabajar con la plataforma Android para saber qué tipo de información se está enviando desde los celulares y eventualmente proponer algún tipo de mecanismo para ayudar a las personas a controlar qué se envía y qué no.
- Una de las preocupaciones de Álvaro Torres ha sido indagar por las tecnologías más idóneas para mejorar la seguridad de los sistemas eléctricos, que hacen parte de la infraestructura crítica de un país y, por lo tanto, son tema de seguridad nacional. También investigó sobre la

evolución de crímenes como el secuestro, en conjunto con la Fundación País Libre.

En ellos ha aplicado metodologías de análisis de la incertidumbre y de análisis de toma de decisiones.

- Harold Castro y Yezyd Donoso investigan para personalizar los servicios que se ofrecen en los dispositivos móviles con opciones como filtrar el correo basura y crear planes a la medida de los usuarios, y para brindar mayores opciones sin sacrificar seguridad y privacidad (ver CONTACTO # 4, ‘Servicios a la carta y aplicaciones funcionales y seguras, prioridad para los dispositivos móviles’, pág. 37).



datos, no solo textos cortos, desde cualquier punto. Existen plataformas tecnológicas muy potentes que están acumulando esa información y estamos en capacidad de analizarla y de empezar a sacarle provecho”, explica.

Esto significa que son muchas las ventajas de recabar datos, con gran frecuencia en tiempo real. José Tiberio Hernández, ingeniero de sistemas y computación con doctorado en Diseño Aplicado por Computador – Informática Aplicada, de la École Nationale Supérieure de Techniques Avancées (Francia), destaca que hay un conjunto de herramientas computacionales de análisis y visualización de información para apoyar la toma de decisiones. Así, por ejemplo, se puede mejorar el funcionamiento de la ciudad ubicando las ambulancias o los servicios de vigilancia en las zonas y horas de mayor aglomeración de gente o generar alertas que ayuden a prevenir sucesos al superponer los resultados con informes de criminalidad o de tráfico.

De igual forma, dice el doctor Hernández, profesor asociado del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, se podría tener acceso en tiempo real a la actividad informática de las direcciones IP de los computadores fijos y a partir de esos movimientos hacerse una idea de la actividad económica de una zona, porque hay indicadores que relacionan ambas variables. “En la Red hay mucha información pública que puedo indagar lícitamente, que me puede proporcionar ventajas competitivas en mi sector”, asegura.

Pero también significa que la barrera es muy frágil y los proveedores de servicios pueden recopilar los datos sin nuestro consentimiento o distribuirlos sin autorización. Ejemplos recientes ocurrieron con algunas aplicaciones de la red social Facebook o con una aplicación que corre en Android, uno de los sistemas operacionales más populares para teléfonos inteligentes.

La profesora Sandra Rueda, ingeniera de sistemas y computación, PhD en Computer Science and Engineering de The Pennsylvania State University, destaca que “mucho gente solo piensa en la funcionalidad



Ilustración Santiago Ayerbe

Cuanto más sepan los proveedores de nuestros gustos y hábitos, mayores ventajas nos ofrecen y, al mismo tiempo, surgen más peligros de que sean utilizados por terceros sin nuestro permiso o para fines ilícitos.

y dice 'yo quiero ese servicio', pero no es consciente de lo que significa entregar su información".

Para el doctor Castro ese rastreo no siempre es un problema, pues por ejemplo la librería virtual Amazon es un paradigma de cómo aprovechar lo que se va recolectando para mejorar el servicio. "Lo que hace es reorganizar la tienda para cada cliente; es muy cómodo y uno encuentra rápido lo que busca. Pero eso tiene un límite: cuando empieza a saber más sobre mi familia, lo que le gusta a mi hija, las fechas especiales, dónde vivo, ya es demasiado. Según cómo lo maneje, es más o menos riesgoso para mí porque la información puede caer en manos de personas no autorizadas".

Incluso, podría usarse para suplantar virtualmente a una persona, pues para validar datos, lo usual es hacerle una pregunta cuya respuesta solo ella conoce, pero si ha ido dejando rastros, surgen riesgos que esa persona no sabe enfrentar porque no ha sido educada para hacerlo. "Cuando dejas la huella digital en un

edificio, no sabes qué medidas de seguridad tiene ese edificio para protegerla y eso preocupa", concluye.

La doctora Rueda, profesora asistente del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, encuentra otro motivo para preocuparse: cuando se agrega información para obtener estadísticas, los datos no deberían revelar comportamientos de individuos específicos, pero a veces lo hacen. Aparece, entonces, una discusión paralela: ¿deben reforzarse las legislaciones para limitar el uso de los datos?

Guillermo Santos, ingeniero de sistemas y computación de Los Andes, director de la revista de tecnología *Enter.co*, sostiene desde hace varios años que la pérdida de privacidad es el "palo en la rueda de Internet". Relata que en centros comerciales de Estados Unidos e Inglaterra se utilizan tecnologías que captan no solo los movimientos de los clientes, sino sus emociones y con base en ello analizan las respuestas frente a los productos. "Ya no es solo la información confidencial de mis hijos, mis cuentas de bancos,

Los móviles, más vulnerables

Para Francisco Rueda, profesor titular del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, y para expertos externos en asuntos de ciberseguridad que participaron en el 2º Foro de Computación Móvil: Aspectos de Seguridad, la vulnerabilidad de los datos es mayor ahora por el aumento en el uso de los dispositivos móviles, que son más pequeños, más fáciles de perder y de prestar. La reunión se llevó a cabo en la Universidad de los Andes en enero del 2011. En la ponencia 'Privacidad y demás aspectos de seguridad en clientes móviles' Julio Omaña, gerente de seguridad de Pricewaterhouse Coopers Colombia, sostuvo que las organizaciones deben decidir cuál será su política de uso de móviles, pues cada vez más la separación entre los equipos de la compañía y los equipos personales es menor. Precisó que son muchas las medidas de seguridad que se pueden utilizar en función de los riesgos y que se debe educar a los usuarios para que no comentan errores tan frecuentes como conectarse a redes inseguras en sitios públicos o poner etiquetas de localización geográfica en las redes sociales sin medir las consecuencias. Relató cómo se han visto casos de delincuentes que aprovechan



Foto Manuel Gómez Duque

el conocimiento de que un usuario va a ingresar al cine, llaman a su familia para decirle que está secuestrado y le exigen pagar rescate en un plazo máximo de dos horas.

Para Omaña la pérdida del teléfono móvil es la debilidad más clara en seguridad y privacidad, sobre todo porque el usuario se demora en bloquearlo esperando en que pudo haberlo olvidado en alguna parte; mientras tanto, los delincuentes tienen acceso a lo que almacena en ese dispositivo.

El experto en seguridad identifica factores concurrentes que afectan el uso de los

dispositivos móviles, dentro de los cuales están el almacenamiento de información en nube, que puede ser riesgoso porque el usuario no tiene control de las plataformas que prestan esos servicios; así como la confianza en los amigos, que se extiende rápido a los amigos de los amigos y alguien puede tener entre los suyos a un malandro.

La ponencia de Omaña está disponible en http://www.youtube.com/watch?v=aID_vobjvsk&feature=relmfu Información completa sobre el Foro está disponible en <http://www.youtube.com/playlist?list=PLA4493779249BC590>

► Cada vez que un usuario utiliza dispositivos digitales para acceder a diferentes servicios, deja huellas que son una cesión de su privacidad.

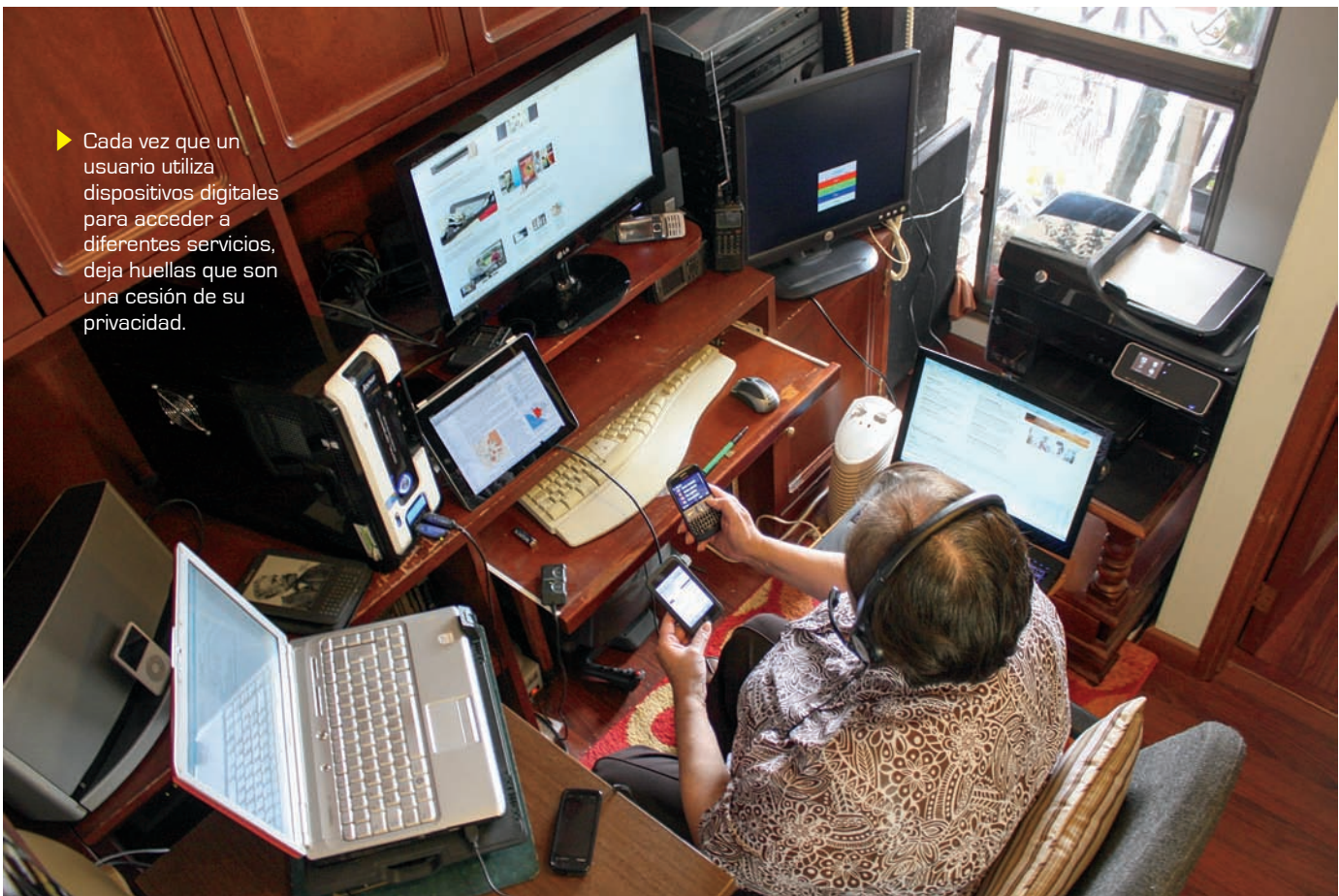


Foto: José Arturo Cardona Salazar

sino hasta lo que estoy sintiendo —afirma—. Aunque no me individualicen, no quiero aparecer en un video analizado por un computador. Debe haber legislación que no solo proteja mi privacidad, sino que me compense en caso de que alguien utilice mis datos”.

Para él, en la búsqueda de una respuesta legal ha habido intentos de regulación como los proyectos de ley SOPA y PIPA en Estados Unidos o la ley Lleras en Colombia, pero los congresistas no parecen entender por qué es importante la neutralidad en la Red, de modo que se quedan cortos cuando proponen que si se viola la privacidad se le pida al operador suspender el servicio sin llevarlo a los juzgados. No todo, sin embargo, es sombrío, puesto que se están dando pasos con la expedición de leyes como la de Hábeas Data, que ordena registrar todas las bases de datos con información confidencial sobre las personas y les exige a los administradores establecer controles estrictos para protegerlas y para el uso que puedan darles.

El debate acerca de si la privacidad dejó de ser un bien intangible y debemos renunciar a ella a cambio de la posibilidad de acceder a las innumerables aplicaciones del mundo digital se fortalece y la profesora Sandra Rueda lo resume así: “A veces pienso que es parte del modo de vida actual y la opción es que las empresas protejan lo que recopilan de los usuarios, pero en el área de seguridad es muy difícil decir que es 100% seguro; si está conectado a Internet eso no es posible”. ■



LOS GRUPOS: Comit (Comunicaciones y Tecnología de la Información) e Imagine (Computación Visual).

CONTACTO:

Sandra Rueda, ingeniera de sistemas y computación, profesora asistente del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación.
sarueda@uniandes.edu.co



Harold Castro, ingeniero de sistemas y computación, profesor asociado del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación y director del grupo Comit. hcastro@uniandes.edu.co



José Tiberio Hernández, ingeniero de sistemas y computación, profesor asociado del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación y director del grupo Imagine.
jhernand@uniandes.edu.co



El 'homeland security', otra faceta del Gran Hermano

El que una máquina tenga gran capacidad de simular mecanismos de pensamiento está en ciernes. Pero estos avances serán cotidianos.

54

Garantizar la seguridad de un país estudiando los fenómenos que pueden afectar la infraestructura crítica para tomar acciones preventivas es prioridad de los gobiernos. Esta actividad, que se conoce como *homeland security* es un campo de los investigadores que, gracias a la evolución tecnológica, incorporan metodologías informáticas y electrónicas para analizar imágenes fijas y en movimiento y las aplican a sistemas de supervisión y vigilancia.

El ingeniero eléctrico Álvaro Torres, profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, explica que esa es una faceta del *homeland security* y que con la tecnología es factible hacer supervisión automática de las cámaras de seguridad. "Una persona puede vigilar cuatro cámaras, pero si tiene diez, ya no alcanza —dice—. Se requieren sistemas de supervisión automática y para eso se utilizan tecnologías de inteligencia computacional".

Torres es doctor en Ingeniería Eléctrica del Rensselaer Polytechnic Institute (RPI) de Nueva York. En Los Andes dicta un curso de *soft computing*, disciplina que vincula a las herramientas computacionales mecanismos que tratan de simular los del pensamiento del ser humano.

A su juicio, los desarrollos para que una máquina tenga capacidades grandes para simular mecanismos de pensamiento están aún en ciernes pero estos avances se tornarán cotidianos. "Se están haciendo muchas cosas —complementa—. Por ejemplo, las cámaras tienen un grado de inteligencia computacional importante, de forma que cuando usted enfoca algo, cuadra automáticamente la velocidad, la apertura y todos los elementos de una foto. Los teléfonos y otros dispositivos también puede escu-



Foto: José Arturo Cardona Salazar

▲ La tecnología provee instrumentos para, por ejemplo, hacer monitoreo automático de las cámaras de seguridad.

char la voz y reaccionar a lo que se le pide. Cada vez hay más aplicaciones como esas y las tecnologías van a estar mucho más cercanas a la forma de pensar y de actuar de la gente".

En su opinión, vienen novedades para la seguridad nacional, virtual y física, como la posibilidad de que un software identifique caras, las compare con bases de datos, compare huellas, compare los ojos... Por ahora, hay limitaciones de velocidad o de magnitud, pero ya no solo identifican a una persona en un sitio, sino que se conectan con su red social, cruzan los resultados para determinar, por ejemplo, si entre sus contactos hay alguien sospechoso y así lanzar una alerta.

El doctor Torres piensa que, cada vez más, la tecnología ayudará a luchar con-

tra el terrorismo y la delincuencia, pero en ese camino hay colaterales: los ciudadanos perdemos privacidad. "La información, la ciencia y la tecnología deben contribuir al bienestar del mundo y al entendimiento de las personas, pero los usos de origen bien intencionado pueden desencadenar también usos maliciosos", concluye. ■



EL GRUPO: Potencia y Energía.

CONTACTO: Álvaro Torres, ingeniero eléctrico, profesor titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

atorres@uniandes.edu.co

Modelaciones computacionales, una herramienta de cuidado

El egresado Camilo Marulanda Escobar, socio y directivo de Ingetec, piensa que por la facilidad de usar computadores se corre el riesgo de que los estudiantes creen que basta con meter los datos y no se ocupen de entender lo que hace la máquina.



▶ Camilo Marulanda en una obra que construye Ingetec en Chile.

Foto cortesía Ingetec

Porce III, un proyecto para embalsar las aguas del río Porce en Antioquia mediante la construcción de una presa, es uno de los mayores motivos de orgullo del ingeniero civil Camilo Marulanda Escobar, socio y director de la División Geotécnica de la empresa de ingenieros consultores Ingetec. Él no solo fue parte del equipo diseñador y de la asesoría durante la construcción de la obra, sino que ese trabajo le dio a su compañía el Premio Nacional de Ingeniería 2011, compartido con Empresas Públicas de Medellín (EPM).

Marulanda se graduó de ingeniero civil de la Universidad de los Andes en el 2000, una carrera que cursó entre Bogotá, la Universidad Técnica de Munich en Alemania y la Universidad de Illinois en Estados Unidos. Como estudiante ya lo inquietaba el tema de las presas, tanto que su tesis de pregrado versó sobre seguridad en este tipo de obras. Pero sus intereses iban más allá,

razón por la cual cursó una maestría y un doctorado en Ingeniería Civil en la Universidad de Illinois, donde profundizó en cuestiones de geotecnia. Para su tesis doctoral integró información de campo en análisis numérico con el fin de generar mejor capacidad de predecir el comportamiento del suelo en el computador.

Para él, la herramienta computacional es muy importante en ingeniería, pero muy peligrosa. “Como cada vez los computadores son más fáciles de usar, uno ve muchachos que creen que se trata de meter datos sin entender lo que está pasando en ese computador”, dice. Por eso, aboga por que desde la academia le den al estudiante fundamentos teóricos sólidos de ingeniería en materias como Cálculo y Física, que le permitirán entender integralmente los problemas y las soluciones obtenidas con las herramientas computacionales. Además, opina que la universidad debe asumir el reto de investigar para que las simulaciones y las



▲ Porce III, la presa en cuya construcción y diseño participó Camilo Marulanda, obtuvo el Premio Nacional de Ingeniería en el 2011.

modelaciones computacionales se puedan aplicar en el diseño de las obras y cree en la importancia de que los profesores tengan experiencia práctica y ofrezcan soluciones a problemas ingenieriles que no se queden solo en el plano científico. En su caso, dio clases de Pavimentos en la Universidad de los Andes y ahora enseña Presas en la Universidad Javeriana.

Camilo Marulanda piensa que Bogotá tiene enormes retos en urbanismo y en infraestructura vial, pero asegura que para resolver los problemas y evitar escándalos de corrupción como los que rodearon la construcción de la calle 26 es indispensable estructurar muy bien los contratos. “Por ejemplo, no se puede empezar a construir obras sin haber terminado los diseños”, enfatiza.

Como experto en geotecnia, insiste en que la ciudad debe entender que el pavimento no solo se diseña y se construye sino que debe hacerse mantenimiento en el tiempo. Destaca que la ingeniería ofrece soluciones técnicas para fallas como los hundimientos del suelo en algunas calles y, aunque costosas, es inadmisibles que no se apliquen con celeridad porque el lucro cesante de mantener cerradas las vías es mayor.

Este egresado de Los Andes ha sido consultor en asuntos de suelos y materiales o diseños de obras, entre otras muchas actividades, para proyectos mineros, viales e hidroeléctricos en varias partes del país, así como en Chile, Argentina, Ecuador, Perú, México, Centroamérica y Turquía. ■

Hay desidia e incoherencia en los temas medioambientales

El ingeniero civil Carlos Costa, exministro de Ambiente, reclama una actitud más comprometida de la gente para mejorar la calidad de vida.

Carlos Costa Posada conoció el universo del medio ambiente, en el que ahora es autoridad, cuando empezó a manejar el proyecto de conservación de biodiversidad en los Andes colombianos en el Instituto Humboldt en 1998. Ese mismo año había regresado al país con un doctorado en Sistemas de Información e Imágenes de Satélites de la Universidad de Cambridge (Inglaterra).

Desde entonces ha sido director del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), consultor del Banco Mundial en temas de cambio climático en la Unidad de Agua y Desarrollo Urbano para Latinoamérica y el Caribe, y, en Colombia, director de Política Ambiental del Departamento Nacional de Planeación, Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y actual Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Salle. Pero no olvida “los seis años alegres y gratificantes” que pasó en el Humboldt, en los que compartió conocimientos con varios doctores y tenía los recursos para investigar sobre temas de impacto para la sociedad.

Esta experiencia fue el germen de su participación decidida para que Bahía Málaga fuera declarada parque natural e impulsar la expedición de normas de responsabilidad posconsumo que obligan a montar estrategias de recolección y manejo a productores e importadores de productos como televisores, computadores, medicinas y baterías que, al final de su vida útil, se convierten en residuos peligrosos.

Costa es ingeniero Civil de la Universidad de los Andes y en su trasegar por los temas medioambientales ha reforzado su convicción de que el colombiano es muy exigente con las autoridades, pero, al mismo tiempo, incoherente y poco comprometido cuando tiene que actuar individualmente. “Hay desidia muy fuerte de la sociedad en general. Todo el mundo exige y exige y cuando le toca hacer sacrificios, la responsabilidad es del Gobierno, del Estado”, dice.

En esa ambigüedad encuentra explicaciones para que los programas de chatarrización de los buses en Bogotá hayan fracasado pese a que en cada pasaje los ciudadanos pagan un porcentaje para renovar la flota de vehículos de transporte público. "Ecopetrol ha hecho un esfuerzo inmenso para transformar sus plantas de producción de gasolina y diésel y nosotros pagamos la gasolina más cara para que sea más limpia, pero ¿dónde está el esfuerzo de los demás?", pregunta.

Para él, la falta de cultura ambiental también dificulta la puesta en práctica de programas como el reciclaje que, a su juicio, deben empezar desde antes de la recolección de las basuras, pero Colombia ha dado un paso enorme desde el 2002, porque hasta esa fecha el 80% de los municipios no tenía relleno sanitario.

El doctor Costa considera que la Ingeniería Civil es una excelente manera de formar a una persona integral, pero confiesa que siempre estuvo muy atraído por la computación. En el área de imágenes de satélite y los sistemas de información geográfica halló la conjunción de ambas disciplinas. Los conocimientos com-

binados los puso en práctica cuando construyó un programa de computador para hacer un análisis gráfico en tres dimensiones de los terremotos en el país para su tesis de maestría con el profesor Alberto Sarria, en la Universidad de los Andes.

Más adelante, en su doctorado, se ocupó de generar un modelo para eliminar el sombreado de la topografía en las imágenes de satélite, un efecto que estorba para el procesamiento automático de esas imágenes. Explica que, por ejemplo, un investigador puede producir mapas de cobertura digital cuando la zona es plana porque tiene la certeza de que un color corresponde a un cultivo específico, como café o pasto, pero esos colores se distorsionan si hay montañas.

Ahora, como decano de una Facultad de Ingeniería reclama políticas claras y mayores incentivos para investigar en temas específicos que correspondan a las metas de desarrollo del Estado, porque cree que, igual que cuando él trabajaba en el Humboldt, hay mucho talento para compartir y muchos problemas cuya resolución puede impactar positivamente a la sociedad. ■



Foto cortesía Jaime Alberto Fenix, Oficina de Comunicaciones Metrovienda

- ▲ Para el ingeniero civil Carlos Costa, decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Salle, el reciclaje debe comenzar desde antes de la recolección de las basuras, con separación en la fuente.



Los que vienen

58

Maestría en Arquitecturas de Tecnologías de Información

El Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación abrió este nuevo programa, cuyo propósito es formar arquitectos de TI capaces de entender las necesidades de las empresas, así como de usar los lenguajes, herramientas, componentes y metodologías para proponer soluciones que consideren las dimensiones existentes y el impacto económico, social, ambiental, etc. que puedan tener en la organización. Los egresados podrán liderar el plan de proyectos de innovación para construir soluciones integrales (información, infraestructura, software y seguridad) a problemas empresariales grandes y complejos alineando la estrategia de negocio y la estrategia de TI.

Informes: <http://sistemas.uniandes.edu.co/~mati/sitio/proposito>

Ciclo de talleres para egresados .Ing

Este año, la Facultad de Ingeniería lanza su primer ciclo de talleres para egresados, cuya finalidad es tratar temas de interés general y de Ingeniería y tenerlos de vuelta en las aulas. Los primeros temas son: *Mamá: retoma tu carrera, Cómo creé mi primera empresa y ¿Qué ha pasado en la Ingeniería en estos últimos años?*

Para proponer temas, puede escribir a egresados.ing@uniandes.edu.co.

Foros ISIS (Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación)

21 de junio	e-commerce	Evolución y Desafíos de Pagos Electrónicos en Colombia
12 de julio	BI y DWH	Estrategias para Incorporar BI a las Organizaciones
16 de agosto	Computación Móvil	Oportunidades de Emprendimiento Ofrecidas por la Computación Móvil
20 de septiembre	Cloud Computing	Cloud Computing en Gobierno
04 de octubre	Arquitectura de TI	Arquitecturas Orientadas a Servicios
22 de noviembre	Seguridad en TI	El Impacto de la Seguridad de la Información en las Organizaciones
6 de diciembre	Contenidos Digitales	Contenidos Digitales en Colombia: Acciones 2012 y Perspectivas

Informes: María Isabel Rodríguez. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación.

mi.rodriguez21@uniandes.edu.co

Sitio web: <http://sistemas.uniandes.edu.co/~foros/>

Seminario Internacional de Ingenieros sin Fronteras

Entre el 12 y el 14 de julio próximos se llevará a cabo el IV Seminario Internacional Ingeniería e Innovación Rural organizado por Ingenieros sin Fronteras. La reunión tendrá lugar en la Universidad de los Andes y en el Centro Regional de Educación Superior (Ceres) en Zipaquirá.

Informes: ingenierosinfronteras@uniandes.edu.co
<http://isfcolombia.uniandes.edu.co/>



Open Day Posgrados Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación

Esta reunión, cuyo propósito es brindar información sobre los diferentes programas de posgrado, se realizará el jueves 9 de agosto de 6 a 8 p. m. en el auditorio A del edificio Mario Laserna. Incluye los siguientes programas: maestrías en Ingeniería de Sistemas y Computación y en Arquitecturas de Tecnologías de Información, y especializaciones en Comercio Electrónico, en Seguridad de la Información y en Construcción de Software.



Simposio y Congreso internacionales de Polímeros

Entre el 23 y el 26 de septiembre, en el edificio Mario Laserna, se llevarán a cabo el XIII Simposio Latinoamericano de Polímeros y el XII Congreso Iberoamericano de Polímeros (SLAP 2012), así como la V Conferencia Andina de PVC y Sustentabilidad. Los encuentros son organizados por las facultades de Ingeniería de las universidades Nacional y de Los Andes y la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad del Valle.

Las reuniones están dirigidas a profesionales, investigadores, profesores, estudiantes de pregrado y posgrado, jefes de producción, responsables de ventas, jefes de investigación y desarrollo involucrados con manufactura, procesamiento, aplicación e investigación en el área de los polímeros. Incluye conferencias plenarias, conferencias especiales (*keynotes*), ponencias orales, *posters* y *clips* industriales. Se presentarán avances científicos y se discutirán perspectivas económicas del desarrollo de polímeros.

Informes: <http://www.ing.unal.edu.co/eventos/slap2012/>

Los que pasaron



◀ Jorge Bohórquez, del Departamento de Ingeniería Biomédica, de la Universidad de Miami (Estados Unidos), durante el VI Seminario Internacional de Ingeniería Biomédica.

VI Seminario Internacional de Ingeniería Biomédica

El 16 y 17 de febrero pasados se llevó a cabo el VI Seminario Internacional de Ingeniería Biomédica (SIB2012) en el que se discutió acerca de los siguientes temas: adquisición, análisis y procesamiento de imágenes; biomateriales e ingeniería de tejidos; biomecánica y ortopedia; dinámica cardiovascular y hemosustitutos; logística e ingeniería hospitalaria y sistemas de información en salud; modelado de sistemas biológicos y bioinformática; procesamiento de señales; telemedicina, y neurociencias.

El encuentro fue organizado por Juan Carlos Briceño, Camila Castro y Juan Cordovez, del Grupo de Ingeniería Biomédica (GIB); Nubia Velasco, del grupo de Producción y Logística (PyLO), y Marcela Hernández, del grupo Imagine (Computación Visual). Entre los invitados internacionales estuvieron Christine Verdier, Laboratorio de Informática de Grenoble (Francia); Carlos Mantilla, Clínica Mayo (Estados Unidos); Robert W. Putnam, Departamento de Neurociencia, Biología Celular y Fisiología, Universidad Estatal de Wright (EU); Jorge Bohórquez, Departamento de Ingeniería Biomédica, Universidad de Miami (Estados Unidos); Pablo Arbeláez, Computer Vision Group, Universidad de Berkeley (Estados Unidos), y Pedro Cabrales Arévalo, UCSD Escuela Jacobs de Ingeniería.

VI Congreso Internacional de Materiales, CIM 2011

El Grupo de Materiales y Manufactura CIPP-CIPEM, en representación de los departamentos de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Química, fue anfitrión del VI Congreso Internacional de Materiales, entre el 27 y el 30 de noviembre del 2011.

Asistieron 448 personas entre expositores, profesionales y estudiantes de 15 países. El 67% de los trabajos presentados correspondió a

38 instituciones y empresas nacionales dentro de las cuales las universidades Nacional de Colombia, de Antioquia y de Los Andes tuvieron la mayor participación. Durante el CIM, se estableció la Sociedad de Materiales de Colombia con la participación de 13 instituciones nacionales y se lanzó oficialmente el Centro de Investigación Estratégica de Materiales de la Facultad de Ingeniería.



Congreso Latinoamericano de Ciudades en Crecimiento

Durante los días 15, 16 y 17 de marzo se llevó a cabo el IX Congreso Latinoamericano IEE Ciudades en Crecimiento, Nuevos Desafíos para la Ingeniería Industrial, organizado por el capítulo uniandino del Institute of Industrial Engineers (IIE), cuyo objetivo era motivar y fomentar la participación de los ingenieros industriales en la planeación de las urbes, así como generar un espacio para debatir su crecimiento desorganizado e insostenible.

El encuentro giró en torno a seis temáticas: prevención y atención de desastres, planeación y desarrollo urbano, proyectos de gran impacto, movilidad y transporte, conexiones logísticas y servicios públicos.

Participaron estudiantes, profesores e investigadores de 35 universidades de 8 países de Latinoamérica. Los conferencistas internacionales fueron Julio Dávila, de la University College London (UCL); Edgar Blanco,

del Centro de Transporte y Logística del MIT; Verena Schmid, de la Universidad de Viena; Javier Masini, de la Universidad Panamericana de México, y Diógenes Álvarez, del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Entre los conferencistas locales estuvieron Eduardo Aldana, Jorge Acevedo, Ciro Amaya y Raha Acaban, del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes; Juan Pablo Bocarejo, del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la misma universidad; Manuel Acero, de Focus Chain; Carlos Pardo, del ITDP, y Carlos Barrera, de IBM.

El Congreso Latinoamericano del IIE del 2013 se realizará en la Universidad Libre de Colombia, sede Bogotá, y estará a cargo del Chapter Liberty #728. El tema será: La Ingeniería Industrial como Eje de la Transformación Económica Latinoamericana. Economía Inteligente, Sostenible e Integradora.

Foro sobre TIC y Desarrollo

Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para el Desarrollo (ICT4D) fue el foro organizado por el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación y el Centro de Estudios Interdisciplinarios en Desarrollo (Cider), dentro del programa Foros ISIS 2012. La reunión se llevó a cabo el 22 de marzo pasado. El propósito era definir objetivos estratégicos en las entidades gubernamentales y de orden mundial sobre aspectos de desarrollo como salud, educación, seguridad, gestión pública y comunidades conectadas inteligentemente.

Tesis doctoral

Diseño *cross-layer* para la transmisión de datos escalares y contenidos multimedia en tiempo real en redes inalámbricas de sensores

Autor: Albeiro Cortés Cabezas

Director tesis Uniandes:

Néstor Misael Peña Traslaviña

Codirector externo:

Miguel Labrador, Universidad del Sur de La Florida (Estados Unidos).

El rápido avance tecnológico en las áreas de sistemas microelectromecánicos y en electrónica digital de baja potencia ha posibilitado el desarrollo de redes inalámbricas de sensores, usadas para soportar aplicaciones de monitoreo de variables escalares tales como temperatura, presión y movimiento. La tesis se enfoca en el mejoramiento del desempeño en términos de caudal, retardo y variación de retardo, como contribución al soporte de transmisión de datos escalares en tiempo real y de contenidos multimedia en redes inalámbricas de sensores con múltiples saltos. Como resultado se propuso el protocolo de comunicación LEMR (*Latency, Energy, MAC and Routing*, por sus siglas en inglés). Este se basa en un diseño multicapa (*cross-layer design*) el cual involucra las capas física, de acceso al medio y de red.

Reconocimientos

Premios a innovación en proyectos biomédicos

Una empresa, un equipo y una tecnología fueron los tres ganadores del Concurso de Innovación para Proyectos Biomédicos, que hizo parte del programa del VI Seminario Internacional de Ingeniería Biomédica (SIB2012). Los jurados tuvieron en cuenta, además de los avances científicos, las posibilidades de aplicación de los productos, tecnologías o servicios propuestos, los estudios de mercado y los análisis financieros. Los tres equipos tendrán asesorías para desarrollo de proyectos de emprendimiento y los dos primeros puestos recibieron, además, 750.000 y 250.000 pesos, respectivamente.

- Primer puesto-empresa: **Plasmon Theranostics** desarrolla una nueva plataforma nanotecnológica denominada Plasmon Beds, que permite la liberación dirigida de medicamentos y el diagnóstico de diferentes tipos de cáncer en forma simultánea. El equipo lo integraron los estudiantes Ángel Galvis, Juan R. Reyes y Rubén D. Vargas; los médicos Ángel Javier Galvis (Departamento de Cirugía Hospital Regional de Granada), Rodrigo Reyes M. (Hospital Regional de Villavicencio), Rubén Vargas (Fundación Cardiovascular del Oriente Colombiano) y Clara I. Serrano (Departamento de Cirugía Hospital Regional de Granada); la ingeniería de petróleos y administradora de empresas Ruby J. Vidal y el profesor del Departamento de Ingeniería Química Watson L. Vargas.
- Segundo puesto-producto: **Kefirán Care Films** son láminas para el tratamiento de quemaduras hechas a base de kefirán, un polímero natural que ha mostrado tener propiedades antibacteriales y antimicóticas, que es biodegradable y biocompatible.



▲ Equipo ganador del primer puesto del Concurso de Innovación para Proyectos Biomédicos.

El equipo lo integraron los estudiantes Camila Lara, Sergio Rodríguez y Dimitri Esteban Alejo, y los ingenieros químicos Carlos Garnica (magíster en Ingeniería Mecánica) y Watson L. Vargas (doctor en Ingeniería Química de la University of Pittsburgh y posdoctorado de la misma institución, profesor del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de los Andes).

- Tercer puesto-tecnología: **SIMuBac** es un sistema interactivo para la identificación de muestras bacterianas. Los ganadores fueron los ingenieros Germán Enrique Bravo Córdoba (magíster del Institut National Polytechnique de Toulouse; DEA Informatique en Intelligence Artificielle) y Daniel Falla Peña; el médico Juan David Hernández Restrepo y la microbióloga y bióloga Martha Alexandra Rueda.



Orden Luis López de Mesa al programa de Doctorado

El 5 de diciembre del 2011, el Ministerio de Educación Nacional concedió la Orden a la Educación Superior y a la Fe Pública Luis López de Mesa al programa de Doctorado en Ingeniería de la Facultad de Ingeniería. Esta orden se otorga a los programas universitarios que se sometan a acreditación voluntaria, un proceso que implica autoevaluación y evaluación por pares de la calidad de tales programas y que, por ende, contribuyen al mejoramiento de la educación superior en Colombia.

La aglomeración, ventaja paradójica de Bogotá



Análisis empíricos muestran que cuando la población de una ciudad se duplica, los indicadores de producción, salarios o patentes aumentan en un 15% *per capita*. Al tiempo, por coincidencia, los costos de infraestructura (transporte, energía, etc.) *per capita* se reducen aproximadamente en un 15%. Es decir, las grandes ciudades hacen más con menos. Las ciudades permiten mayores oportunidades individuales y mayor flujo de ideas entre personas con visiones e información distinta.

Por miles de años, la población humana fue pequeña y la productividad en generación de ideas fue baja. Cada idea nueva debió aumentar el ingreso *per capita* y facilitar el crecimiento de la población, lo que a su vez aumentó la frecuencia de generación de nuevas ideas. Siguiendo este círculo virtuoso, la tasa de crecimiento se aceleró. La aceleración del crecimiento de la población conduce al crecimiento del ingreso *per capita*. Eventualmente, los países se vuelven ricos y se produce una transición demográfica. Aunque la población humana decrezca, la población de las ciudades crecerá.

Las implicaciones de esta breve historia económica de la humanidad se oscurecen para Bogotá por los costos de la congestión. La capital tiene una gran ventaja en su aglomeración y deben encontrarse formas de aprovecharla. Como la dotación de infraestructura ha estado rezagada y no se ha apostado a la densidad constructiva, la ciudad luce “colapsada”. Pero eso resulta de un pobre planeamiento urbano; no es un problema del aumento de la población. Si el valor del tiempo de una persona se tasara en \$5.000/hora y se ahorraran 10 millones de horas semanales en congestión o trámites, la sociedad bogotana estaría dispuesta a pagar hasta USD1.482 millones anuales por mejorar la movilidad. La ciudad necesita y puede pagar un metro para aprovechar la aglomeración; no un tranvía, ni un sistema de transporte basado únicamente en buses. Con mejores instituciones y mayor capital humano dedicado a la investigación y desarrollo (I&D), Bogotá puede acelerar y liderar la conversión de Colombia en un país desarrollado. ■

Juan Benavides

Vicedecano de Posgrado e Investigación

Pista Acelerada de Prueba de Pavimentos



Mediante el sistema de llantas duales se aplica la carga sobre el pavimento.



En este laboratorio se reduce a pocos meses el tiempo de estudio del desempeño y comportamiento de los pavimentos. En condiciones normales de servicio, la tarea tardaría varios años.

Este equipo fue construido en la Universidad, por iniciativa del ingeniero Bernardo Caicedo, del grupo de Investigación en Estructuras y Geotecnia. Hace parte del Laboratorio Integrado de Ingeniería Civil y Ambiental, el cual, a su vez, pertenece al Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. El profesor Juan Francisco Correal es el actual director del laboratorio (jcorreal@uniandes.edu.co).

Qué es

Es un montaje experimental para monitorear el desempeño y el deterioro de pavimentos a escala real bajo condiciones aceleradas y controladas de carga. Su gran ventaja es que permite estudiar en el laboratorio el comportamiento y desempeño de pavimentos en pocos meses, mientras que el mismo ejercicio en condiciones normales de servicio tardaría varios años.

El equipo tiene dos elementos principales: una pista donde se puede construir un pavimento a escala real de 11 m de longitud por 3,5 m de

ancho, y una viga ubicada en el mismo sentido del pavimento, la cual sostiene un sistema de llantas duales, mediante las cuales se aplica la carga. Estas se mueven de un extremo a otro de la pista simulando el paso continuo de vehículos.

Para qué sirve

Entre los usos más comunes se encuentra la verificación del comportamiento de nuevos materiales que pueden ser empleados en pavimentos. Así mismo, es factible usarlo para estudiar el deterioro de estructuras de pavimentos no convencionales y/o para verificar y validar las metodologías empleadas en el diseño y construcción de pavimentos.

Usuarios

Existen tres clientes principales. El primero y más frecuente, lo constituyen las entidades gubernamentales encargadas de administrar la red vial; en el caso de Bogotá, principalmente el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). El segundo es la industria

privada, que puede utilizarlo para verificar la calidad y el buen desempeño de nuevos materiales y de nuevas técnicas constructivas. Finalmente, los estudiantes de maestría y doctorado del Departamento también son usuarios frecuentes, ya que la información que se puede obtener de ensayos a escala real con condiciones de carga controlada es especialmente importante para calibrar modelos numéricos usados que permiten conocer mejor el comportamiento de pavimentos.

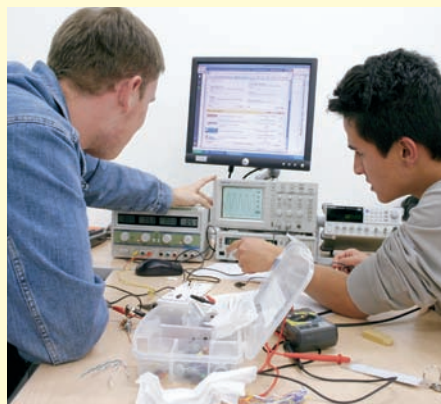
Experimentos que se han llevado a cabo

Los más recientes incluyen: Estudio del efecto del daño que producen los buses alimentadores empleados en el sistema TransMilenio a los pavimentos locales de Bogotá.

Estudio del impacto que tiene el refuerzo de materiales geosintéticos del tipo geoceldas en las capas de base granular de pavimentos flexibles.

Programas de Posgrado

Facultad de Ingeniería



Doctorado

Doctorado en Ingeniería

Programa acreditado por CNA
Registro SNIES: 16071

Maestría

Ingeniería Ambiental

Registro SNIES: 91235

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

Maestría en Arquitecturas de Tecnologías de Información (MATI)

Registro SNIES: 101531

Mayor información:

Teléfonos: (571) 332 4327, 332 4328, 332 4329. Correo electrónico: info.ingenieria@uniandes.edu.co – <http://ingenieria.uniandes.edu.co>

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES – PERSONERÍA JURÍDICA: RESOLUCIÓN No. 28 DEL 23 DE FEBRERO DE 1949, MINISTERIO DE JUSTICIA