

Universidad de los Andes:

REMINISCENCIAS de Ingeniería

REVISTA DE INGENIERÍA

ESTE ES UN **PDF INTERACTIVO**

Para garantizar su correcto funcionamiento y lectura, siga las siguientes instrucciones:



Descargue Adobe Reader

Asegúrese siempre de abrir este documento en Adobe Reader desde un computador. Si no lo tiene instalado, descárguelo aquí:



Menú principal

La página a continuación será el menú principal, donde tendrá acceso directo haciendo clic a cada capítulo para ver sus contenidos.



Menú de desplazamiento

Cada página interna de este PDF cuenta con un menú de desplazamiento en el lateral derecho. Este permite el acceso rápido a cada inicio de capítulo o al menú principal.



Contenidos interactivos

Algunas páginas de este PDF tienen contenidos interactivos que se muestran al hacer clic sobre ellos. Cuando vea el siguiente ícono, significa que la página contiene contenido interactivo.



¿Está visualizando este PDF desde una tableta o celular?

Es probable que la experiencia interactiva no sea completa.

Sin embargo, puede consultar la versión de solo lectura para dispositivos móviles aquí:

<https://ingenieria.uniandes.edu.co/Documents/reminiscencias-de-ingenieria-moviles.pdf>

Pablo Navas Sanz de Santamaría
Rector

Alfonso Reyes Alvarado
Decano

Editor
Antonio García Rozo · Ingeniero electrónico. Profesor honorario. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.

Coordinación editorial
Silvia Gamba Sánchez

Comité editorial
Jorge Acevedo Bohórquez · Ingeniero civil, M.Sc. Profesor asociado. Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.
Juan Carlos Briceño Triana · Ingeniero mecánico, Ph.D. Director de la Escuela de Posgrados, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.
Silvia Caro Spinel · Ingeniera civil, Ph.D. Vicedecana académica, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.
Andrés González Barrios · Ingeniero químico, Ph.D. Director del Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.
Camilo Olaya Nieto · Ingeniero de sistemas y ciencias de la computación, Ph.D. Director del Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.
Francisco Rueda Fajardo · Ingeniero de sistemas. Profesor honorario. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.
Hernando Vargas Caicedo · Ingeniero civil, M.Sc. Profesor titular. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.

Diseño y conceptualización gráfica
Daniela Benitez

Universidad de los Andes:
Reminiscencias de Ingeniería
Es una edición especial de la **Revista de Ingeniería** desarrollada con motivo del aniversario 70 de la Universidad de los Andes.

Revista de Ingeniería
Carrera 1 Este No. 19 A - 40 Edificio Mario Laserna, piso 8.
Bogotá D.C., Colombia
Tel. +(57.1) 3394949 Ext. 1671

Correo electrónico
reingeri@uniandes.edu.co

Dirección electrónica
<http://revistaing.uniandes.edu.co>

Suscripciones
<http://libreria.uniandes.edu.co>
Librería Universidad de los Andes
Carrera 1 No. 19 - 27 Edificio AU 106
Tel. +(57.1) 3394949 Ext. 2099
Bogotá D.C., Colombia.

Canjes
Sistema de Bibliotecas Universidad de los Andes
Carrera 1 Este No. 19 A - 40
Edificio Mario Laserna
Tel. +(57.1) 7324473 ó 3394949 ext. 3323
Fax. +(57.1) 3324472

Universidad de los Andes
Vigilada Mineducación
Reconocimiento como Universidad: Decreto 1297 del 30 de mayo de 1964
Reconocimiento personería jurídica: Resolución 28 del 23 de febrero de 1949 Minjusticia

Primera edición: diciembre 2018

ISSN 2665-1394

MEMORIA



Al iniciar una tercera etapa de la Revista de Ingeniería en 2003, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes tomó la decisión de dividir el contenido en tres secciones independientes que le dieran un espectro más amplio de divulgación a las actividades de investigación y desarrollo tecnológico en ingeniería.

Una primera sección, completamente tradicional y enmarcada dentro de esquemas clásicos de las revistas técnicas y científicas, para publicar los resultados de investigación de la comunidad académica nacional, sometidos a la evaluación de pares, dentro de los estándares de publicaciones internacionales.

Una segunda sección que consideramos fundamental fue la de *Dossier*, en la que reconocidos expertos tanto del sector público como privado, al igual que reconocidos académicos, tratan temas de coyuntura de la ingeniería del país con el fin de hacer aportes para la definición de soluciones o el diseño de políticas públicas.

Finalmente, creamos una última sección titulada *Memoria*, con la cual -sin pretender escribir una historia por entregas de la Facultad- queríamos dejar constancia de hitos en el desarrollo de la ingeniería nacional que tuvieron origen en la Facultad y que, por razones obvias del acelerado desarrollo tecnológico de nuestra época, son fácilmente olvidados. Hoy al llegar al 70 aniversario de la fundación de la Universidad, hemos querido contribuir



Por: Antonio García Rozo
Editor de la Revista de Ingeniería.



UN ASPECTO FUNDAMENTAL HA SIDO LA PARTICIPACIÓN DE LA FACULTAD EN LA REFORMA Y MODIFICACIÓN DE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA DEL PAÍS.

con la celebración haciendo una reminiscencia de los hitos recordados durante los últimos 15 años, esperando que las nuevas generaciones conozcan algunos aspectos de la forma como se ha edificado nuestra ingeniería.

Durante estos años hemos presentado en esta sección 26 hechos de particular importancia para el desarrollo de la ingeniería y que también constituyen un aporte a la historia de la Facultad. Estas historias han sido narradas por sus protagonistas en entrevistas realizadas desde la dirección editorial de la Revista, y escritas –en su mayoría– por el grupo de asistentes editoriales que nos han acompañado durante este tiempo.

Su orden cronológico no permite descubrir ningún hilo conductor temático, pues su selección fue producto de intensos debates en el Comité Editorial de la Revista en los que –sin importar la temática– concentrábamos nuestra atención en la importancia histórica del evento.

En este sentido, el Comité Editorial decidió compilar todos estos artículos en esta publicación digital, para lo cual hicimos el esfuerzo de “agruparlos” en líneas temáticas presentadas por algunos de sus miembros. Es así como Camilo Olaya, director del Departamento de Ingeniería Industrial, introduce el primer capítulo titulado **Innovación y excelencia académica**; Silvia Caro, vicedecana académica de la Facultad, presenta el segundo capítulo denominado **Educación en ingeniería**; Francisco Rueda, profesor honorario de la Facultad, se refiere a la **Modernización de la Ingeniería**; y Jorge Acevedo, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Industrial, hace lo propio con las relaciones de **La Facultad y el sector externo**.

Un aspecto fundamental que se recoge en varios de los momentos descritos ha sido la participación de la Facultad en la reforma y modificación de la enseñanza de la ingeniería del país, no solo en la modernización de los métodos y metodologías de enseñanza, sino también en el diseño e incorporación de programas que van desde pregrados novedosos hasta el consolidado programa de doctorado.

Finalmente, agradecemos a Juanita Cristina Aristizábal, Paola Estrella, Ana Luisa González, María Paula Méndez, Daniel Rocha y Silvia Estefanía Gamba, quienes hicieron posibles la mayoría de los relatos presentados en este libro. ○



1

Contenidos

INNOVACIÓN y excelencia académica

· Capítulo 1 ·

CREACIÓN

de nuevos programas

Las universidades tienen la doble misión de preparar ciudadanos para una activa participación en la vida social y a la vez desarrollar el conocimiento que impulse el progreso de la sociedad. Estos dos retos son particularmente ineludibles para las escuelas de ingeniería pues esta actividad le ha permitido al ser humano superar los retos que la naturaleza le ha propuesto creando soluciones que han mejorado sus condiciones de vida y que han logrado las grandes transformaciones de la humanidad. La Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes en estos 70 años ha enfrentado este doble reto y le ha ofrecido a la sociedad iniciativas académicas que han impulsado al país hacia adelante. Entre los ejemplos a destacar queremos reseñar la labor pionera que la Facultad ha desarrollado en cinco áreas: la ingeniería ambiental, la ingeniería de sistemas y computación, la ingeniería biomédica, la ingeniería química y la dirección organizacional.



Por: Camilo Olaya Nieto

Director del Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.

El lector encontrará a continuación cinco experiencias que evidencian el ímpetu académico que siempre ha caracterizado a la Facultad y que se ha materializado en innovadores programas de pregrado y posgrado que han sido los canales para formar ciudadanos y afrontar grandes retos de nuestra sociedad. No es coincidencia que tienen en común varias características que explican su liderazgo y su fuerza transformadora. En primer lugar hay que destacar su articulación directa con necesidades y problemas del país, por ejemplo a partir de las necesidades de médicos y hospitales que dieron origen a las primeras investigaciones y avances en ingeniería biomédica; o la contaminación del Río Bogotá que fue una de las motivaciones para desarrollar la novedosa idea de contar con una ingeniería “ambiental”; o contar por primera vez con un computador en una universidad en Colombia, evento que revolucionó la enseñanza y que desarrolló nuevas formas de pensar y de resolver problemas, y que originó el primer programa de Ingeniería de Sistemas y Computación del país; o apostarle al fortalecimiento de la industria colombiana en plena recesión económica con la reapertura del Departamento de Ingeniería Química; o la formación innovadora de ejecutivos colombianos para el sector público y privado a través del Programa de Alta Gerencia que entre sus egresados incluye una larga lista de líderes nacionales, ministros, directivos y grandes empresarios como Luis Carlos Galán o Pedro Gómez.

Otra característica que comparten estas iniciativas es la interdisciplinariedad. En las cinco reseñas que siguen abundan las alianzas entre disciplinas y el atrevimiento a tender puentes con otras áreas del conocimiento, bien sea la medicina, la biología y la ecología en las ingenierías biomédica y ambiental, articuladas además con otras ramas de la ingeniería como civil, eléctrica o mecánica; las matemáticas y la electrónica en la ingeniería de sistemas y computación; o la microbiología, química y física –además de biomédica, ambiental y mecánica en la rama de la ingeniería– con el programa de ingeniería química; y la ingeniería industrial, la economía, la psiquiatría, la filosofía, la psicología y la ciencia política en el caso del Programa de Alta Gerencia.



**“LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS
POSIBILIDADES A PARTIR DE
LAS POTENCIALIDADES Y LAS
DIVERSIDADES DISCIPLINARES
HA SIDO UN DESAFÍO QUE SE
HA TRADUCIDO EN INICIATIVAS
EXCEPCIONALES...”**

La construcción de nuevas posibilidades a partir de las potencialidades y las diversidades disciplinares ha sido un desafío que se ha traducido en iniciativas excepcionales que no solo han ocupado espacios que nuestra sociedad no atendía, sino que además han creado nuevos terrenos insospechados que antes no existían y que ahora son fértiles para la educación y la investigación.

La integralidad académica es otra virtud que explica el éxito de estas experiencias. Las cinco iniciativas han formado derroteros en los que la docencia, la investigación y la solución de problemas de la sociedad se articulan armónicamente para crear sinergias que se han traducido en: i) educación innovadora que creó nuevas formas de enseñanza y nuevos programas en todos los niveles—nuevos pregrados que marcaron nuevos senderos que seguirían otras universidades, nuevas especializaciones como, por ejemplo, las innovadoras especializaciones en Manejo Integrado del Medio Ambiente (en 1995) o en Ingeniería Hospitalaria (1996), además de un portafolio de nuevas maestrías y nuevos doctorados que caracterizan las iniciativas en ambiental, sistemas y computación, química y biomédica; además, el Programa de Alta Gerencia es en sí mismo un nuevo tipo de programa que se les ofreció a los futuros líderes del país; ii) impulso y desarrollo de la investigación con la creación de centros y grupos de investigación pioneros en sus campos, como por ejemplo el Grupo de Investigaciones en Ingeniería Biomédica, el Grupo Interdisciplinario de Investigaciones Ambientales, el Grupo de Diseño de Productos y Procesos, o el Centro de Computación Electrónica, y que se nutrieron de jóvenes académicos que formados en universidades líderes a nivel mundial regresaron al país para desarrollar investigaciones precursoras de variados desarrollos y nuevos conocimientos; y iii) resolución de problemas para diferentes entidades y sectores del país en aspectos tan diversos como por ejemplo el control de la contaminación del aire, el desarrollo de nuevas aplicaciones computacionales y de sistemas de información, el tratamiento de aguas para el consumo humano, el tratamiento de enfermedades pulmonares, el diseño de alternativas biológicas sostenibles como los Biosurfactantes para separar contaminantes de aguas derivadas de la extracción de hidrocarburos; o la difusión de tecnologías de desarrollo organizacional para empresas colombianas. Las cinco iniciativas reflejan una impronta de la Facultad que concibe el ejercicio académico como una labor que articula conjuntamente la docencia con la investigación y el impacto en la sociedad para crear sinergias multidireccionales que, a su vez, benefician simultáneamente a estas tres dimensiones.

Los lectores encontrarán en estas reseñas cinco historias de atrevida innovación, cinco apuestas que han rendido los más variados frutos. Estas experiencias nos dan motivos para celebrar estos 70 años pero también nos imponen la responsabilidad de continuar con este derrotero y seguir abriendo nuevos caminos, tendiendo puentes interdisciplinares, creando nuevos espacios de encuentro y de formación, y atendiendo el llamado que la sociedad le hace a la academia para formar a sus ciudadanos y superar los grandes desafíos que tiene por delante. ○



Ingeniería Biomédica. Los rastros

DEL CAMINO

Con casi cuarenta años, la Ingeniería Biomédica ha tenido en la Universidad de los Andes una historia que ha dejado un particular sendero de evolución: partiendo de la convergencia de las necesidades del medio y de las capacidades de algunos de sus profesores, ha generado una escuela cuyos resultados trascienden los puramente académicos. Muchos nombres han escrito esta historia, muchos proyectos han nacido y han sido reconocidos. Queremos mostrar a ustedes, lectores, las huellas principales que ha dejado el trayecto de la Ingeniería Biomédica en la Universidad de los Andes.

La memoria fue redactada a partir de entrevistas realizadas a Luis Enrique Amaya, Juan Carlos Briceño, Pedro Cabrales, Germán Cavalier, Marcela Hernández y Antonio Salazar



Luis Enrique 'El Chief' Amaya. Foto: Fototeca de la Universidad de los Andes.

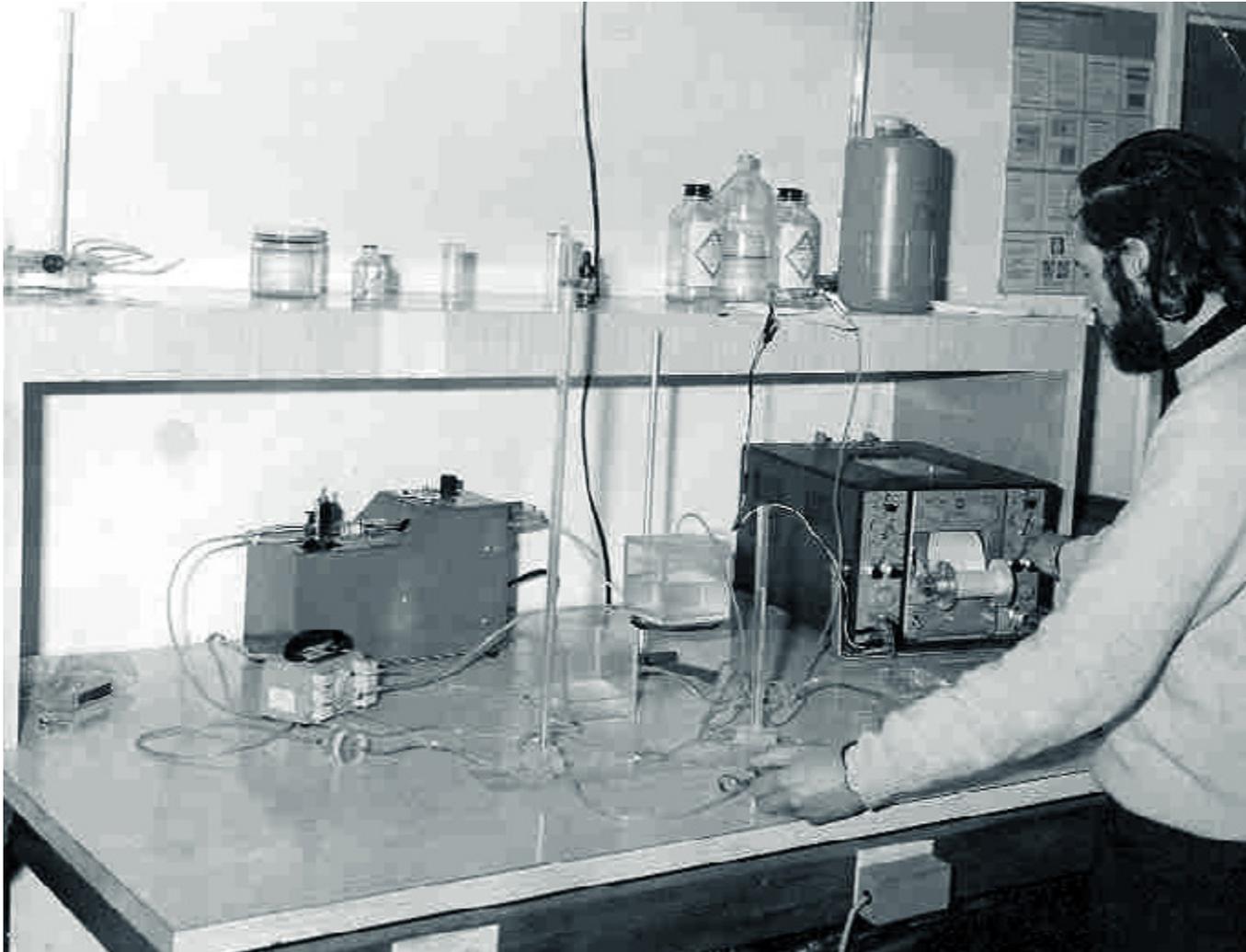
A finales de la década de 1960 y a principios de la década 1970, se construyeron los primeros lazos entre Ingeniería y Medicina, en la Universidad de los Andes. Estos contactos iniciales se daban de una manera muy particular: “Todo empezó con consultas hechas por médicos sobre algún problema que necesitaba resolver. Traían sus inquietudes aquí y se las remitían a algunos ingenieros. Así, médicos e ingenieros empezaron a trabajar y a desarrollar proyectos de investigación conjunta —recuerda Luís Enrique Amaya—. Por ejemplo, el oftalmólogo Alejandro Arciniegas tenía problemas con la presión ocular; vino e, inicialmente, empezó a trabajar con un grupo de Ingeniería Mecánica. Su trabajo con este grupo terminó y le aconsejaron continuar con otro ingeniero. Empezamos a trabajar juntos y hemos tenido proyectos muy exitosos desde esa época.” Sin embargo, esta primera etapa se caracterizó porque cada trabajo se desarrollaba de manera interna, sin que existiera contacto con los otros grupos de investigación. Personajes como Salomón Hakim, Jorge Zapp, John Burton, Jaime Lobo Guerrero; Alejandro Arciniegas, Luís Enrique Amaya, Jaime Garcés; José Gabriel Venegas y Manuel Venegas Gallo; Amador Burgoa y Enrique Susemihl, son indispensables en la historia de los inicios de la Ingeniería Biomédica uniandina.

Cuatro de las investigaciones que se desarrollaron en la primera etapa fueron acreedoras del Premio Nacional de Ciencias de la Fundación Alejandro Ángel Escobar. El primer trabajo premiado, en 1974, fue *La mecánica de la actividad craneana y la importancia de un sistema automático para el tratamiento de la hidrocefalia*, realizado por Salomón Hakim y José Gabriel Venegas. En 1978, José Gabriel Venegas y el médico Manuel Venegas Gallo obtienen este galardón por investigación: *Pulsos reversos de presión, una nueva alternativa para el tratamiento de las enfermedades*

pulmonares obstructivas crónicas (Epoc). En 1980, el trabajo *Mecánica de la cavidad ocular*, del grupo de oftalmología liderado por Alejandro Arciniegas y Luis Enrique Amaya ganó nuevamente el Premio Nacional de Ciencias. Este mismo equipo también se hizo acreedor del mismo premio en 1988, con el trabajo *Asociación de la queratotomía radial y la circular para la corrección de ametropías*, investigación con la que también obtiene la Medalla al Mérito Oftalmológico otorgada por el Instituto Barraquer de América.

Un nuevo paso en la historia de la Ingeniería Biomédica se da con la consolidación de este trabajo alrededor de un grupo formal de investigación dentro de la universidad. En 1985, se estableció el *Programa de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Biomédica*, financiado por Colciencias y coordinado por Germán Cavelier, profesor de Ingeniería Eléctrica: “El profesor Ernesto Lleras, quien acababa de ser nombrado director del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (CIFI), me comentó que había interés de parte del CIFI y de Colciencias en presentar solicitudes para proyectos de investigación, en particular en el área de Bioingeniería—recuerda Cavelier—. Como yo ya tenía una red de conocidos que trabajaban en esa área, me reuní con varios de ellos y en pocas semanas comenzamos a redactar con Luís Enrique Amaya y Enrique Susemihl la solicitud para el que finalmente se llamaría *Programa de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Biomédica*: una iniciativa interdisciplinaria que abarcaba los departamentos de Ingeniería Civil, Eléctrica y Mecánica, además de colaboradores en el departamento de Biología, y en varios hospitales y clínicas de Bogotá. Nos tomó nueve meses terminar la solicitud de un proyecto que, en esa época, era el primero de tal magnitud que se intentaba en la Facultad de Ingeniería.

PERSONAJES COMO SALOMÓN HAKIM, JORGE ZAPP, JOHN BURTON, JAIME LOBO GUERRERO; ALEJANDRO ARCINIEGAS, LUÍS ENRIQUE AMAYA, JAIME GARCÉS; JOSÉ GABRIEL VENEGAS Y MANUEL VENEGAS GALLO; AMADOR BURGOA Y ENRIQUE SUSEMIHL, SON INDISPENSABLES EN LA HISTORIA DE LOS INICIOS DE LA INGENIERÍA BIOMÉDICA UNIANDINA.



Laboratorio de Biomédica. Foto: L.A. Prieto, Fototeca de la Universidad de los Andes.

Finalmente, Colciencias aprobó el proyecto y comenzamos trabajo a finales de 1985”.

Este programa dividió sus proyectos en cuatro grandes áreas: 1.) Bioprótesis valvulares cardíacas: dirigida por Luis Enrique Amaya, profesor del Departamento de Ingeniería Civil. 2.) Sistemas de infusión de insulina: dirigida por Enrique Susemihl de Ingeniería Mecánica. 3.) Modelaje y control de la presión arterial: dirigida por Germán Cavalier; y 4.) Ingeniería Hospitalaria: dirigida por Rafael Beltrán, Profesor de Ingeniería Mecánica. La formación de este programa resultó indispensable en la consolidación de la Ingeniería Biomédica en la Universidad de los Andes, tanto académica como investigativamente.

Con este nuevo impulso, los que fueron intereses muy particulares en otros años se convirtieron en proyecto de vida de profesores y alumnos. Se inició un periodo de formación académica a nivel de maestría y doctorado en el extranjero, de quienes serían en las siguientes etapas los gestores de la consolidación en el campo docente: Jorge Bohórquez, Juan Carlos Briceño, Fabio Rojas, entre otros.

El siguiente paso en este sendero se da con el afianzamiento de todo este trabajo alrededor de programas formales de educación. Juan Carlos Briceño, actual Director del Grupo Ingeniería Biomédica, opina: “La evolución de la Ingeniería Biomédica en los Andes, desde sus inicios hasta ahora, ha pasado de asumirse como una dedicación marginal –por el interés y afición de algunos profesores– a asumirse como un quehacer aún más relevante; lo que ha llevado a establecer un grupo de investigación formal, estructurado a la facultad. La mayor formación académica de los profesores en esta área de la Ingeniería y la articulación con



los estudiantes de pregrado, maestría y doctorado, han hecho que el trabajo de investigación que se realiza tenga una mayor visibilidad y un mayor impacto”.

Bajo el proyecto iniciado en 1985, se conforma el Grupo de Investigaciones en Ingeniería Biomédica (GIB), el cual es reconocido por Colciencias como Grupo de Excelencia. Esta etapa en la historia de Ingeniería Biomédica se distingue por los vínculos oficiales que el grupo logró establecer con otras instituciones como la Fundación Cardio-Infantil Instituto de Cardiología, la Facultad de Medicina de la Universidad del Rosario, la Fundación Santa Fe, el Instituto Roosevelt, el Hospital Universitario San Ignacio y el Hospital La Samaritana.

En lo docente, en 1996, la Facultad creó la Especialización en Ingeniería Hospitalaria, que busca formar profesionales altamente capacitados para desempeñarse en entidades del sector salud: clínicas, hospitales, y empresas fabricantes y comercializadoras de equipos biomédicos, como apoyo técnico en la gestión de los servicios de tecnología biomédica y hospitalaria. En el 2002 la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes y la Facultad de Medicina de la Universidad del Rosario instauraron la Maestría en Ciencias Biomédicas, que actualmente ofrece tres líneas de investigación: Genética y Bioquímica, Línea de Ingeniería Biomédica, Línea de Microbiología y Parasitología. En el año 2005, se creó también la Opción de Bioingeniería para pregrado. “Creamos esta opción un grupo de más o menos ocho profesores, con vinculación de todos los Departamentos de la Facultad, a excepción de Ingeniería Industrial. Nuestra labor no fue fácil, dado que la Bioingeniería es un área supremamente grande y cubre muchos aspectos de variada índole, en los que

intervienen todas las ramas de la Ingeniería; de manera tal, que estudiantes de diversas carreras —no sólo de ingeniería sino también de medicina, física, matemáticas, diseño industrial, arquitectura y biología— puedan aportar para el desarrollo de tecnología aplicada a la Medicina”. Comentarios de Marcela Hernández, profesora de Ingeniería de Sistemas y Computación, en los que se hace visible otra característica esencial de este paso de la Ingeniería Biomédica: su apertura hacia a otros programas curriculares, tanto a nivel de docencia e investigación —con la vinculación de profesores de otros departamentos—, como a nivel de apertura hacia estudiantes de distintas carreras, quienes ahora pueden tener acceso desde pregrado a la formación en Bioingeniería.

Los estudios en Ingeniería Biomédica han pasado los límites de la opción en pregrado y de la maestría. “Eso le permite a profesionales de ingeniería y de otras disciplinas como física, biología, medicina, odontología, participar en proyectos y tener una formación en ciencias biomédicas y particularmente en ingeniería biomédica. Después el trabajo de maestría, hemos permeado un poco hacia el doctorado y ya tenemos un graduado del programa de doctorado de la facultad que hizo su doctorado en ingeniería biomédica. Tenemos, además, otros dos estudiantes en este momento de doctorado que lo están siguiendo en la misma rama” afirma Briceño.

Hoy en día, el GIB no es el único grupo interesado en Biomédica en la Universidad de los Andes. Otros centros y grupos como: el Laboratorio de Genética Humana, el CIMIC (Centro de Investigaciones Microbiológicas), el CIMPAT (Centro de Investigación en Microbiología y Parasitología Tropical) y el

LAS HUELLAS DE LA INGENIERÍA BIOMÉDICA EN LOS ANDES SON INDISPENSABLES EN LA NARRACIÓN DE LA HISTORIA UNIANDINA.

CIBI (Centro de Investigaciones en Bioquímica) trabajan de forma interdisciplinaria en el tema. Además, a partir de GIB han nacido grupos afines: el Grupo de Investigación en Hemosustitutos, del Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares “Carlos Lleras Restrepo,” Fundación Cardio-Infantil Instituto de Cardiología y el Grupo de Biomecánica y Rehabilitación., de la Universidad de Los Andes y la Universidad del Rosario, Centro de Investigación y Desarrollo en Biomecánica y Tecnología en Rehabilitación -BIOTEC-.

Los rumbos de la Ingeniería Biomédica se extienden, debido a la apertura de la Facultad de Medicina en la Universidad de los Andes. Esto permitirá que entre a otra etapa de evolución en la que se potenciará mucho su labor: “Para la Ingeniería Biomédica es muy importante la apertura de la Facultad de Medicina



Salomón Hakim. Foto: Fototeca de la Universidad de los Andes.

en la Universidad de los Andes, no sólo por la interacción que tenemos a nivel de investigación, porque antes de que existiera la Facultad ya la teníamos con otras entidades, sino por que ahora tenemos a los médicos más a la mano, definiendo y trabajando con nosotros en los proyectos y evaluando los desarrollos que hagamos de los mismos; además, dentro del mismo campus – dice Marcela Hernández—. A futuro, aunque aún no lo podamos probar, la interacción que se tendrá con los estudiantes será fundamental; en este momento, ellos están iniciando su carrera: (la primera generación cursa segundo semestre); por lo que se espera que en tres años, cuando estén terminando su pregrado y deban escoger su perfil entre los que ofrece su facultad, se decidan por el de investigación, hagan rotaciones con el grupo y trabajen conjuntamente con nosotros. Los proyectos, entonces, avanzarán no sólo con estudiantes de ingeniería sino con estudiantes de medicina, en una estrecha interacción”. El desarrollo curricular de la nueva Facultad de Medicina tiene, entre sus componentes, que los estudiantes tomen el curso Introducción a la Bioingeniería, además de que puedan hacer rotaciones con el grupo.

Las huellas de la Ingeniería Biomédica en la Universidad de los Andes son indispensables en la narración de la historia uniandina. “Muchas personas con diferentes formaciones han conseguido conectar diferentes disciplinas con las ciencias médicas –dice Pedro Cabrales, primer Doctor en Ingeniería Biomédica de la Universidad de los Andes—. Cada persona que pasa por el grupo lo impulsa, ya que introduce nuevos elementos que enriquecen su naturaleza”. Sabemos que son muchos los protagonistas que han quedado por fuera de esta breve memoria, sin cuyo trabajo la Ingeniería Biomédica no se habría conformado como una escuela característica de la Universidad, escuela verdaderamente interdisciplinaria, con una gran trayectoria y reconocimiento nacional e internacional; que es tomada, además, como ejemplo de los esfuerzos realizados en la producción científica colombiana. ○

{ BIBLIOGRAFÍA }

ANECDOTARIO -1948, 1998- Bogotá: Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Universidad de los Andes. Colección 50 años.

Briceño, Juan Carlos, Marcela Hernández, José Tiberio Hernández, Elsa Nieto, Antonio Salazar, Ana Carolina Silva, Diana Tabima y Jorge Torres. “Relación Ingeniería, Biología y Medicina: lineamientos generales en este campo para la actividad académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes” en Revista de Ingeniería No. 20. Bogotá: Universidad de los Andes, Noviembre de 2004, pp. 68.

Entrevistas realizadas a Luis Enrique Amaya, Juan Carlos Briceño, Pedro Cabrales, Germán Cavalier, Marcela Hernández y Antonio Salazar.
Archivo interno Revista de Ingeniería.

Grupo de Ingeniería Biomédica. Universidad de los Andes.
<http://ingbiomedica.uniandes.edu.co/>
(Consulta, 30 de septiembre de 2005)

SEIS DÉCADAS, UNA HISTORIA

Finales de la década de 1960

Se crea el Grupo de Biomecánica. El neurocirujano Salomón Hakim, los profesores del Departamento de Ingeniería Mecánica Jorge Zapp y John Burton, y el estudiante José Gabriel Venegas inician investigaciones sobre presión craneana.

Con el trabajo *“La mecánica de la actividad craneana y la importancia de un sistema automático para el tratamiento de la hidrocefalia”*, **Salomón Hakim y José Gabriel Venegas** ganan el Premio Nacional de Ciencias de la Fundación **Alejandro Ángel Escobar**. Este trabajo da pie a la creación de la llamada *Válvula de Hakim* para el tratamiento de la hidrocefalia.

1974

1978

José Gabriel Venegas y el médico Manuel Venegas obtienen el Premio Nacional de Ciencias de la Fundación **Alejandro Ángel Escobar**, por sus investigaciones sobre la mecánica de las enfermedades pulmonares obstruictivas compiladas en el texto: *“Pulsos reversos de presión, una nueva alternativa para el tratamiento de las enfermedades pulmonares obstruictivas crónicas (Epoc)”*.

Finales de la década de 1980

Luis Enrique Amaya, estudiantes y profesores del Departamento de Ingeniería Mecánica, en colaboración con el médico Amador Burgoa de la clínica Shaio, inician sus investigaciones en bioprótesis valvulares cardíacas en bombas de circulación extracorpórea, y en bombas para la infusión de insulina, que más tarde serían continuadas por Enrique Susemihl, profesor del Departamento de Ingeniería Mecánica.

Con el trabajo *“Mecánica de la cavidad ocular”*, **el grupo liderado por Alejandro Arciniegas y Luis Enrique Amaya** gana el Premio Nacional de Ciencias de la Fundación **Alejandro Ángel Escobar**. La Oftalmoingeniería es el término aculado por estos dos profesores que integra el estudio del ojo humano bajo un enfoque mecánico.

1980

1986

El Grupo de Ingeniería Biomédica (GIB) **empieza a trabajar en Dinámica Cardiovascular**.

Colciencias financia el establecimiento del Programa de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Biomédica en la Universidad de los Andes con proyectos en las siguientes áreas:

Modelaje y control la presión arterial. Dirigida por Germán Cavelier.

Sistemas de infusión de insulina. Dirigida por Enrique Susemihl.

Ingeniería hospitalaria. Dirigida por Rafael Beltrán.

Bioprótesis valvulares cardíacas. Dirigida por Luis Enrique Amaya.

1988



La **Fundación Cardio-Infantil Instituto de Cardiología y el Grupo de Ingeniería Biomédica** inician sus **investigaciones** sobre el desarrollo y evaluación de Hemosustitutos.

1995
1996

Se **inicia la Especialización en Ingeniería Hospitalaria**. La Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes en convenio con la Universidad de del Rosario y la Fundación Cardio-Infantil, organizan el seminario "La investigación Médica en Colombia".

Se realiza el Primer **Foro de Ingeniería Biomédica**.

1997
2000

Nace el **Área de Ingeniería de Tejidos y Biomateriales**.

Se crea la **Maestría en Ciencias Biomédicas**.

2002
2004

El Grupo de Ingeniería Biomédica (GIB) **empieza a trabajar con** el Laboratorio de Genética Humana, el CIMIC (Centro de Investigaciones Microbiológicas), el CIMPAT (Centro de Investigación en Microbiología y Parasitología Tropical) y el CIBI (Centro de Investigaciones en Bioquímica)

Con 20 estudiantes, **inicia el primer semestre del programa de pregrado** en Ingeniería Biomédica.

2011
2015

Se gradúa la primera cohorte del programa. En total, nueve estudiantes, todas mujeres.

Este año también **se inaugura el Laboratorio Docente de Ingeniería Biomédica**.

BIBLIOGRAFÍA

<http://ingbiomedica.uniandes.edu.co/ANECDOTARIO> -1948, 1998- Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Universidad de los Andes. Colección 50 años- **Grupo de Ingeniería Biomédica. Facultad de Ingeniería - Universidad de los Andes. "Relación Ingeniería, Biología y Medicina: lineamientos generales en este campo para la actividad académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes"** en Revista de Ingeniería. Bogotá: No. 20, Noviembre de 2004, pg. 68.

SURGIMIENTO Y EVOLUCIÓN

de la Ingeniería Ambiental en Colombia

La Universidad de los Andes fue pionera en el área ambiental en Colombia, por haber iniciado los cursos en Ingeniería Ambiental y los foros sobre el medio ambiente, como también los programas de investigación y especialización en el campo ambiental.

La Memoria fue escrita por Germán García Durán.



Imágenes del Río Bogotá. Foto: archivo personal del autor.

SURGIMIENTO Y EVOLUCIÓN

de la Ingeniería Ambiental en Colombia

Antecedentes

Generalmente no es sencillo encontrar el origen de un proceso o acontecimiento, pues cuando se cree tener a la mano la respuesta, salta a la mente un evento anterior que podría ser el verdadero origen o al menos haber incidido decisivamente en éste. Esto se hace más notorio si tomamos en cuenta que cuestiones de índole personal y fortuitas pueden surgir como factores que contribuyeron a hacer posible ese origen.

Este es el caso del surgimiento de la Ingeniería Ambiental en Colombia, cuya descripción me obliga a remontarme al instante en que tomé la decisión de presentar solicitud a la Universidad de Notre Dame en South Bend, Indiana, Estados Unidos, para hacer un magister en “Environmental Engineering”. Esta era una rama de la ingeniería que incluso en ese país era nueva y que en Notre Dame se iniciaría precisamente en ese año (1965) cuando busqué complementar mis estudios de Ingeniería Civil realizados en las universidades de los Andes y la ya citada Notre Dame dentro del plan conjunto existente en ese entonces entre Uniandes y varias universidades norteamericanas.

Aceptado por Notre Dame para esta nueva etapa, me vinculé como Asistente de Profesores, mientras seguía un programa de magister en Ingeniería Ambiental que duraba dos años, durante los cuales, además de realizar mis estudios, participé en proyectos de investigación que me fueron sumamente útiles en el ejercicio posterior de lo que en esa época era una novedosa profesión. Los cursos que ofrecía Notre Dame en esa especialidad incluían Principios de Ecología, Química Ambiental, Microbiología, Limnología, Contaminación del Agua, el Aire y el Suelo, Procesos

Unitarios, Redes de Acueducto y Alcantarillado, Manejo y Tratamiento de Residuos, Impacto Ambiental, Administración Ambiental, Laboratorios, etc.

Finalizando mis estudios de magister, me vi ante la disyuntiva de continuarlos para optar un doctorado o vincularme una vez graduado a una firma consultora norteamericana, alternativa que no tardó en seducirme. Debido a ello participé en los programas de descontaminación de la Bahía de Nueva York y en otros similares, que complementaron mi formación académica.

Durante mi trabajo en Nueva York me puse en contacto con mi exprofesor y amigo Eduardo Aldana Valdés, quien en ese entonces realizaba sus estudios de doctorado en MIT. En nuestra reunión surgió por primera vez la idea de introducir a la Universidad de los Andes y a Colombia la Ingeniería Ambiental, para lo cual Eduardo ofreció ponerse en contacto con la universidad. Las gestiones de Eduardo rápidamente rindieron frutos, por lo cual no dudo en atribuir a Eduardo Aldana Valdés, más tarde Rector de la Universidad de los Andes, la mayor parte del crédito por la introducción de la Ingeniería Ambiental a Colombia.

La Ingeniería Ambiental llega a los Andes

Así las cosas, quedé incorporado al equipo profesoral de la Universidad de los Andes a partir del 1 de enero de 1970, que se puede tomar como la fecha de introducción de la Ingeniería

EL 1 DE ENERO DE 1970 SE PUEDE CONSIDERAR LA FECHA DE INTRODUCCIÓN DE LA INGENIERÍA AMBIENTAL EN LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES Y EN COLOMBIA.

SURGIMIENTO Y EVOLUCIÓN

de la Ingeniería Ambiental en Colombia

Ambiental a esta universidad y a Colombia. Con el Decano de Ingeniería en esa época, Carlos Amaya, discutimos el contenido de la materia e incluso el nombre que tendría, pues Ingeniería Ambiental era apenas una de las opciones. Consideramos también nombres como Ingeniería del Medio Ambiente, Ingeniería del Ambiente y otros, y concluimos que Ingeniería Ambiental era el más sonoro y concreto, aunque no constituía una traducción exacta de “Environmental Engineering”.

Determinamos, además, que habría inicialmente dos cursos: uno muy general, Ingeniería Ambiental I, abierto a todo el pregrado a partir del quinto semestre, y uno específico, orientado hacia las soluciones de ingeniería a los problemas ambientales, abierto a los estudiantes de Ingeniería Civil a partir del sexto semestre.

Contenidos

En cuanto al contenido de los cursos, Ingeniería Ambiental I abarcaba aspectos tales como el origen de la vida y del universo, nuestro sistema solar y su zona vital, las reacciones termonucleares del sol y su efecto en la vida en el planeta, la estructura biofísica de la tierra, la evolución de las especies y en particular de los seres humanos, los principios de ecología incluyendo los ciclos biogeoquímicos, las redes y niveles tróficos y los flujos de energía en los ecosistemas, los principios de química ambiental, la dinámica del crecimiento poblacional ante la disponibilidad de los recursos, el estado ambiental del planeta y las técnicas, en términos muy generales, para mejorarlo.

Ingeniería Ambiental II era un curso mucho más específico, orientado hacia estudiantes de Ingeniería Civil y concentrado



El grave estado de contaminación del Río Bogotá llevó a varios profesores y estudiantes de Ingeniería Civil a interesarse en temas ambientales.
Foto: archivo personal del autor.

SURGIMIENTO Y EVOLUCIÓN

de la Ingeniería Ambiental en Colombia

en un desarrollo más amplio de la química ambiental, la evaluación de la contaminación, las técnicas de tratamiento de residuos, el cálculo de redes de acueducto y alcantarillado, las técnicas de tratamiento de agua para consumo y el impacto ambiental de proyectos.

Un año después de iniciados los cursos de Ingeniería Ambiental, se consideró procedente introducir un curso de diseño, que denominamos Obras Sanitarias, y que, como su nombre lo indica, se concentraba en el diseño de este tipo de obras y estaba abierto a los estudiantes de Ingeniería Civil a partir del octavo semestre (en ese entonces esta carrera comprendía diez semestres).

Todos estos cursos contaron con una amplia participación estudiantil, en particular Ingeniería Ambiental I, que interesaba de manera especial a los estudiantes de Ingeniería Industrial y de Arquitectura en adición a los de Ingeniería Civil. Por ello, se tenían clases hasta de 60 estudiantes, mientras que los otros dos cursos, por estar orientados solamente a los estudiantes de Civil, contaban con unos 15 cada uno en promedio.

Grupo Interdisciplinario de Investigaciones Ambientales

Más adelante, consideramos importante constituir un grupo interdisciplinario para la realización de investigaciones en el área ambiental, tomando en cuenta que el tema ameritaba su tratamiento por varias disciplinas del conocimiento y que la universidad contaba con personal muy calificado en

diversas áreas. Pensamos inicialmente que se podría crear un centro de investigación, pero optamos por iniciar ese proceso de una manera más modesta con la creación de un Grupo Interdisciplinario de Investigaciones Ambientales, que discutiera los problemas ambientales, propusiera soluciones y participara en investigaciones en este campo.

Con un conjunto selecto de profesores especializados constituimos el grupo interdisciplinario, que participó en los años siguientes en varias investigaciones, entre ellas la relacionada con el control de la contaminación del aire en Central de Mezclas S.A. Entre los miembros del grupo estuvieron Roberto Galán Ponce de León, biólogo notable, quien falleciera poco después; Armando González, primer ecólogo graduado que hubo en el país; Elizabeth Grosse, directora del Departamento de Biología; y Jaime Sánchez, profesor del Departamento de Química. Vale anotar que hoy ya existe en la Universidad de los Andes un Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental, que podría considerarse como una evolución del grupo que inicialmente fue conformado.

Proyectos de grado

Entre los requisitos para optar el título de Ingeniero Civil figuraba en ese entonces, al igual que hoy, la realización de un proyecto de grado que hiciera una contribución importante a cualquiera de los campos de interés a la profesión. Nos preocupaba enormemente el estado deplorable de contaminación que incluso en ese entonces acusaba el Río Bogotá, por lo cual propusimos a varios estudiantes de Ingeniería Civil abordar ese tema. Tuvimos la fortuna de

**A PARTIR DE 1999,
LA UNIVERSIDAD DE
LOS ANDES APROBÓ
LA CARRERA
DE PREGRADO
EN INGENIERÍA
AMBIENTAL, QUE
INICIÓ ACTIVIDADES
DENTRO DE SU NUEVO
DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA CIVIL
Y AMBIENTAL.**

SURGIMIENTO Y EVOLUCIÓN

de la Ingeniería Ambiental en Colombia

contar con dos estudiantes muy brillantes particularmente interesados en él: Édgar Caicedo Peña (q.e.p.d.) y Fernando de la Concha, quienes respectivamente adelantaron investigaciones sobre esta materia en dos años consecutivos, contribuyendo así al conocimiento científico de la contaminación del río y al aporte de ideas para su recuperación. Estas fueron tal vez las primeras investigaciones de corte académico que se hicieron en la historia del río, sirviendo además de base a otros estudios.

Un tiempo después, otro estudiante muy destacado, Ricardo Triana Soto, acometió una investigación sobre el uso de polielectrolitos naturales en el tratamiento de aguas para el consumo humano; lo cual introdujo aportes muy importantes a la búsqueda de economías en el tratamiento de este tipo de aguas.

Primer foro nacional sobre el medio ambiente

Considerando que los temas ambientales en Colombia no despertaban en aquel entonces suficiente interés en la comunidad, nos pareció aconsejable proponer a las directivas de la Universidad la realización de un evento que promoviera ese interés y buscara crear conciencia a nivel nacional sobre tan cruciales materias. Esta idea recibió inmediato respaldo de la Rectoría, de la Facultad de Ingeniería y de otras facultades, por lo cual desde comienzos de 1971 iniciamos la organización del que denominamos “Primer foro nacional sobre el medio ambiente”, que marcó el inicio de una cadena de exitosos eventos, cada vez más numerosos, que sobre este tema se realizan desde entonces en el país.

El foro tuvo lugar en las instalaciones de la Universidad de los Andes a mediados de 1971, un año antes de la realización de la primera reunión mundial sobre este tema, la “Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano”, que se llevó a cabo en Estocolmo y despertó el interés universal en la degradación del medio ambiente global y en la necesidad de adoptar urgentes medidas para contrarrestarlo. Cuando convocamos el foro de los Andes, no teníamos conocimiento de que al año siguiente se realizaría una reunión mundial sobre el mismo tema, pero sí conocíamos el informe “Los límites al crecimiento”, publicado por el Club de Roma el año anterior. En resumidas cuentas, el “Primer foro nacional sobre el medio ambiente” no fue una reunión preparatoria de los sectores no gubernamentales y gubernamentales colombianos con miras a la conferencia de Estocolmo, pero sí contribuyó, a través de sus memorias, a la preparación de la delegación colombiana que participó en dicho evento.

Al “Primer foro nacional sobre el medio ambiente” fueron convocadas las universidades colombianas que se conocía desarrollaban, además de los Andes, programas de una u otra manera relacionados con el medio ambiente, como la Nacional, la Javeriana, la del Valle y la de Antioquia. De otro lado, se invitó a instituciones gubernamentales y privadas interesadas en el tema y a algunos organismos internacionales con sede en Colombia, en particular a la Oficina Sanitaria Panamericana (OPS), cuyo apoyo fue crucial para el buen desarrollo del evento.

El éxito fue rotundo: más de cien participantes deliberaron durante tres días en torno a temas como la filosofía ambientalista,

EN 1990, EUGENIO GIRALDO, PRIMER PH.D. COLOMBIANO EN INGENIERÍA AMBIENTAL, SE VINCULÓ A LOS ANDES COMO PROFESOR.

la contaminación del agua, suelo y aire, los efectos nocivos de plaguicidas y fertilizantes, la legislación ambiental y muchos otros. Quienes participamos por la Universidad de los Andes presentamos varios trabajos, entre ellos “La filosofía ambientalista”, de mi autoría, que proponía un marco filosófico para abordar la problemática ambiental, y “La contaminación del Río Bogotá”, trabajo presentado por el ya exalumno y joven profesional Edgar Caicedo Peña.

De especial recordación en el foro fue la presentación del profesor Aníbal Patiño, de la Universidad del Valle, quien disertó sobre los valores ecológicos de la Laguna de Sonso y las medidas requeridas para su conservación. Adicionalmente, el profesor Patiño relató su experiencia con las “Jornadas ecológicas estudiantiles” que realizaba con sus alumnos a esta

SURGIMIENTO Y EVOLUCIÓN

de la Ingeniería Ambiental en Colombia

laguna y a muchos otros lugares de interés ecológico en el Valle. Dichas jornadas sirvieron de modelo a las que más tarde empezaríamos a realizar con estudiantes de los Andes y a las que tiempo después se llevarían a cabo por iniciativa de otros centros educativos y diversas instituciones.

El “Primer foro nacional sobre el medio ambiente” proyectó a la Universidad de los Andes nacional e internacionalmente como la pionera en Colombia en el tratamiento e investigación de estos asuntos. Ello posiblemente condujo, unos meses después, a que el Ministerio de Relaciones Exteriores incluyera a la universidad en la delegación de Colombia que concurriría a la “Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente humano”, asumiendo ese reto, al más alto nivel y con lujo de competencia, el rector Álvaro Salgado Farías.

1972 – 1978: Etapa de transición

En 1972 adquirí compromisos de consultoría que me obligaron a renunciar a mi cargo de tiempo completo en los Andes; no obstante, conservé con el aval de las directivas las cátedras de Ingeniería Ambiental y Obras Sanitarias, pero a partir de mediados de 1975 los citados compromisos se intensificaron, por lo cual debí desvincularme de la nómina de la Universidad de los Andes.

A partir de mi retiro, la Universidad continuó con determinación los cursos en Ingeniería Ambiental y buscó fortalecerlos y consolidarlos cada vez más. Mi sucesor, el ingeniero Juan

Quintero, persona altamente calificada quien también ostenta un magíster en Ingeniería Ambiental obtenido en Estados Unidos, prestó sus servicios a la Universidad por tres años y logró dar mayor énfasis a los aspectos de análisis del impacto ambiental, estudio ambiental de alternativas y diseño de obras sanitarias. Actualmente es alto funcionario del Banco Mundial en Evaluación de Proyectos en Washington, D.C.

1978: Empiezan la estabilidad y evolución

A mediados de 1978, Sergio Barrera regresa de la Universidad de Lousville en Estados Unidos especializado en Ingeniería Ambiental y se vincula a la Universidad de los Andes como profesor; se inició así una etapa de gran estabilidad y enorme evolución para la enseñanza de la Ingeniería Ambiental en la Universidad, situación que hoy perdura con su constante contribución. Además de que se continuó con la enseñanza de los varios cursos en Ingeniería Ambiental y Obras Sanitarias, se fortaleció la investigación al adquirir la Universidad en 1982 los nuevos laboratorios de Ingeniería Civil, que en el área ambiental incluyeron equipos sofisticados y muy completos de medición y análisis.

De otro lado, se fortaleció el área ambiental con la incorporación de más profesores y el incremento del número de cursos que se ofrecían; así mismo se cubrió aspectos cada vez más especializados. Entre los nuevos profesores figuraron Álvaro Orozco, vinculado en 1983, quien por haber sido Director Ambiental del Proyecto Carbonífero de El Cerrejón

LA CREACIÓN DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL SISTEMA NACIONAL AMBIENTAL (SINA) EN 1993 EVIDENCIÓ LA NECESIDAD DE CONTAR CON UN MAYOR NÚMERO DE PROFESIONALES EN ÁREAS RELACIONADAS.



SURGIMIENTO Y EVOLUCIÓN

de la Ingeniería Ambiental en Colombia

hizo grandes aportes en el área de mitigación del impacto ambiental, y Eugenio Giraldo, vinculado en 1990, quien fue el primer Ph.D. en Ingeniería Ambiental que ingresó a los Andes como profesor de esta materia y que impulsó a la vez la participación de la universidad en estudios de impacto ambiental de proyectos a lo largo y ancho del país.

Otras universidades inician programas de Ingeniería Ambiental

A partir de 1989, dado el auge que fue tomando el tema ambiental en Colombia y el mundo, otras universidades iniciaron programas en Ingeniería Ambiental, no solamente a través de cursos integrados a programas de Ingeniería Civil, como era el caso de los Andes, sino con un enfoque independiente, tanto a nivel de pregrado como en forma de diplomados y especializaciones. La Fundación Universitaria de Boyacá inicia en 1989 el primer programa de pregrado en Ingeniería Ambiental y es seguida por la Universidad de la Salle en 1992, la Escuela de Ingeniería de Antioquia en 1994, la Universidad de Medellín en 1995, la Pontificia Universidad Bolivariana de Bucaramanga en 1996 y la Universidad Francisco de Paula Santander (Sede Ocaña) también en 1996. La proliferación de estos programas guarda concordancia con la creación del Ministerio del Medio Ambiente y del Sistema Nacional Ambiental (SINA) en 1993, que ponen al descubierto la necesidad de contar con mayor número de profesionales en este campo para que las instituciones y empresas oficiales y privadas

puedan afrontar los retos ambientales que la nueva legislación les impone.

Esta tendencia se hace más marcada a partir de 1997. Hoy son muy numerosas las universidades colombianas que ofrecen programas en Ingeniería Ambiental o temas relacionados; existe incluso una, la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA) que se dedica casi exclusivamente a estos temas.

Los Andes procede hacia la especialización

A partir de 1995, la Universidad de los Andes considera importante fortalecer su incursión en el campo ambiental con el desarrollo de un programa de especialización que denomina “Manejo Integrado del Medio Ambiente”. Este programa se desarrolla mediante módulos que abordan prácticamente todos los temas de interés en este campo, desde la administración, legislación y gestión ambiental hasta las tecnologías de tratamiento y control y la negociación internacional. Tuve el honor de participar en este programa, dictando el módulo sobre “Legislación y negociación internacional”, durante el desarrollo de los programas correspondientes a 1995 y 1996, respectivamente.

Este programa ha sido continuado hasta el presente, aunque se observa un descenso en el número de participantes, ya que en los primeros cinco años se contó con un promedio de cincuenta estudiantes por año mientras que en los siguientes

ocho años este promedio bajó a 24 y para el programa del año entrante sólo aparecen 15 inscritos hasta la fecha. Es posible que este descenso en participación se deba precisamente a la proliferación de programas de medio ambiente en muchas universidades y a la tendencia a la saturación del mercado de empleos en el campo ambiental, pues cuando este programa se inició era enorme la demanda de profesionales en este campo y había muy poca oferta de éstos, mientras que hoy la mayoría de los cargos están ocupados y son pocas las nuevas posiciones que se crean cada año en esta área a pesar de la amplia demanda de empleo que existe.

Programa de Ingeniería Ambiental a nivel de pregrado en la Universidad de los Andes

Motivado por la aceleración de la evolución de las disciplinas ambientales en Colombia a raíz de la expedición de la Ley 99 de 1993 que creó el Ministerio del Medio Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental, que a su vez abrieron un nuevo mercado de posibilidades de trabajo en Ingeniería Ambiental, el profesor Sergio Barrera propone a las

SURGIMIENTO Y EVOLUCIÓN

de la Ingeniería Ambiental en Colombia

directivas de la Universidad de los Andes la creación de un Programa en Ingeniería Ambiental a nivel de pregrado, que sustenta mediante documento fechado en marzo de 1998. Allí, el ingeniero Barrera analiza los programas en ese campo que se desarrollan en otras universidades desde 1989 y estima para los años siguientes un considerable aumento de la demanda de ingenieros ambientales, lo cual justifica plenamente la creación de un programa de pregrado en esta área en la Universidad de los Andes. Además, el profesor Barrera define en su documento los alcances de la carrera y prediseña los cursos que deben conformarla, tanto los obligatorios como los electivos.

Con base en el anterior documento, la Universidad de los Andes aprobó a partir de 1999 la carrera de pregrado en Ingeniería Ambiental, que inició actividades dentro del nuevo Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, el cual administra las dos carreras, independientes entre sí. Además, el departamento administra varias especializaciones, entre las cuales figura la de Manejo Integrado del Medio Ambiente, y desarrolla programas muy activos de investigación a través de cinco centros especializados, tres de los cuales son del área ambiental o muy afines a ésta: el Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental (CIIA), el Centro de Investigación en Desastres y Riesgos (CEDERI) y el Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados (CIACUA).

Para atender adecuadamente la nueva estructura, la Universidad puso al frente del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental a Jorge Acevedo, profesor con amplia trayectoria nacional en ingeniería civil, y reforzó su cuerpo de profesores de Ingeniería Ambiental con la contratación de Eduardo Beherentz, Ph.D., quien

es experto en el control de la contaminación del aire y en modelación ambiental y dirige el CIIA. Otros profesores son Alejandro Camacho Ph.D, Manuel Rodríguez Susa Ph.D. e Isabel Racyni Ph.D. Además, los profesores Juan Manuel Cordovez y Juan Pablo Ramos se encuentran en el exterior obteniendo sus doctorados, y el profesor Nicolás Escalante se apresta a regresar a Alemania para culminar su doctorado en Ingeniería Ambiental y luego incorporarse nuevamente a los Andes.

Según el Manual Descriptivo de los Programas Académicos de la Universidad de los Andes, el de Ingeniería Ambiental comprende las siguientes áreas de investigación: control de la contaminación, modelación ambiental y gestión ambiental; las investigaciones en estas áreas son manejadas por el Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental (CIIA).

En cuanto a los cursos obligatorios específicos para la carrera, éstos incluyen introducción a la ingeniería ambiental, problemática ambiental, química ambiental, termoquímica ambiental, ecología, microbiología ambiental, meteorología y contaminación atmosférica, desechos sólidos, procesos biológicos, modelación de sistemas medio ambientales y tratamiento físico del agua.

Adicionalmente, el estudiante debe tomar al menos tres electivas de ingeniería ambiental y puede escoger de una lista que incluye tratamiento no convencional del agua, prevención de la contaminación, residuos peligrosos, fundamentos de política ambiental, problemática ambiental II, gestión de lodos, rellenos sanitarios, modelación de procesos ambientales, hidrodinámica ambiental y modelación de flujo y contaminación de acuíferos.



Recortes de periódico. Archivo del autor. Periódico El Espectador:
Noviembre 12 de 1971.
Mayo 13 de 1972
Mayo 15 de 1972



SURGIMIENTO Y EVOLUCIÓN

de la Ingeniería Ambiental en Colombia

Desde sus comienzos, el programa ha sido atractivo para el cuerpo estudiantil; ha logrado un muy alto número de inscripciones, pero éstas se reducen a unas dos terceras partes al convertirse en admisiones y estas últimas se reducen prácticamente a la mitad al traducirse en matrículas. A partir del 2004, se ha matriculado un promedio de 21 estudiantes por semestre y ha egresado un total de 94 profesionales.

El cambio introducido desde hace dos años a la duración de los programas de pregrado en la Universidad de los Andes ha obligado a hacer ajustes a todos ellos, incluyendo naturalmente el de Ingeniería Ambiental. Esta medida ha suscitado alguna controversia, especialmente si se toma en cuenta que otras universidades, como la Nacional de Colombia, no han hecho este cambio y parece que no tienen en mente hacerlo. Algunos especulan que existe un desequilibrio entre las carreras de cuatro años y las de cinco, a menos que los conocimientos inculcados a los estudiantes en los dos tipos de programas sean los mismos, en cuyo caso el esfuerzo que deberían hacer los estudiantes de los Andes para atender con solvencia la carga del pregrado sería mayor al requerido en otras universidades.

La anterior situación parece no estarse dando, pues para ajustar los programas a la duración de cuatro años ha sido necesario fusionar algunos cursos y suprimir otros, lo que lleva a pensar que el nivel de conocimientos adquiridos en las carreras de cuatro años puede ser inferior al de las carreras de cinco años. En tal caso, la solución estaría en ofrecer un buen número de

programas de posgrado, con duración de por lo menos un año, que no sólo compensen la diferencia en la carga académica de pregrado sino que proporcionen una formación de mucho más alto nivel que la que se lograría en las carreras de cinco años.

Conclusión

La Universidad de los Andes fue pionera en el área ambiental en Colombia, por haber iniciado los cursos en Ingeniería Ambiental y los foros sobre el medio ambiente, como también los programas de investigación y especialización en el campo ambiental. Además, desde hace varios años ha puesto en marcha un programa de pregrado en Ingeniería Ambiental que se ha desarrollado con éxito.

A la luz de lo anterior, la Universidad debe mantener su liderazgo en el campo de la Ingeniería Ambiental en Colombia a través de un mayor fortalecimiento del programa de pregrado y el desarrollo de un programa de posgrado más ambicioso, que incluya la obtención de magister y, ojalá un poco más adelante, de doctorado. Paralelamente, deben ser fortalecidos los laboratorios y los programas de investigación y deben ser organizados foros, seminarios y cursos cortos que complementen lo anterior y consoliden y den a conocer más ampliamente el programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad de los Andes a Colombia y el mundo. ○

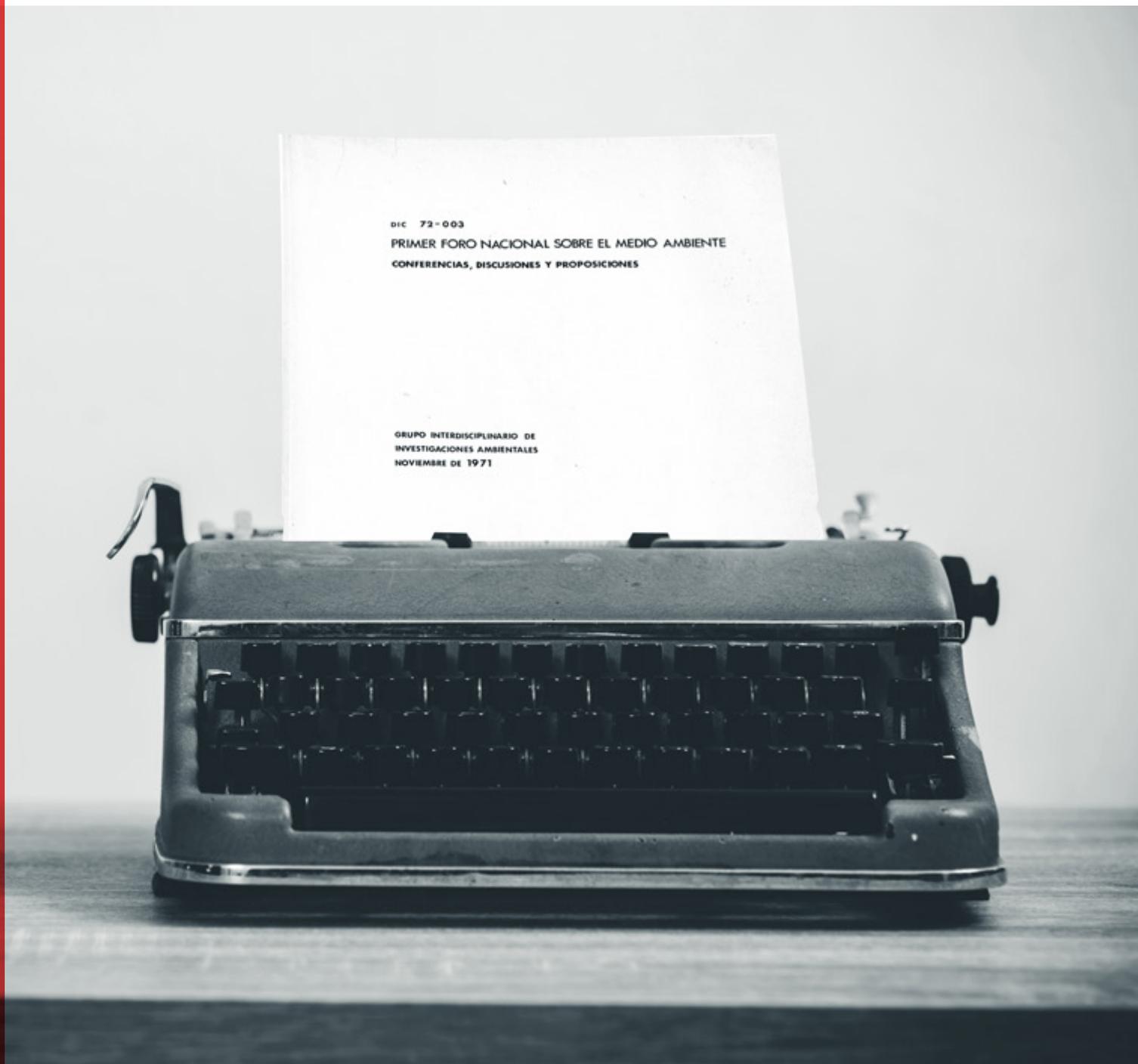
BIBLIOGRAFÍA

- [1] CDM-CEI-PLANHIDRO, *Estudios del Río Bogotá, Alcantarillados y Control de Inundaciones*. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), 1974.
- [2] *Memorias Primer Foro Nacional sobre el Medio Ambiente*. Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, 1971.
- [3] *Cuadro sobre Programas de Ingeniería Ambiental en el país*. Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, 1996.
- [4] *Cuadro de participación en la Especialización sobre Manejo Integrado del Medio Ambiente*. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, 2007.
- [5] S. Barrera. *Propuesta de Programa en Ingeniería Ambiental*. Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, 1998.
- [6] "Descripción de Programas del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental". *Manual de Programas Académicos*. Universidad de los Andes, 2005, pp. 324-329.
- [7] *Cuadro sobre inscripciones, admisiones y matrículas en el Programa de Ingeniería Civil y Ambiental*, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, 2007.

Descarga aquí las memorias

MEMORIAS DE UN EVENTO PIONERO

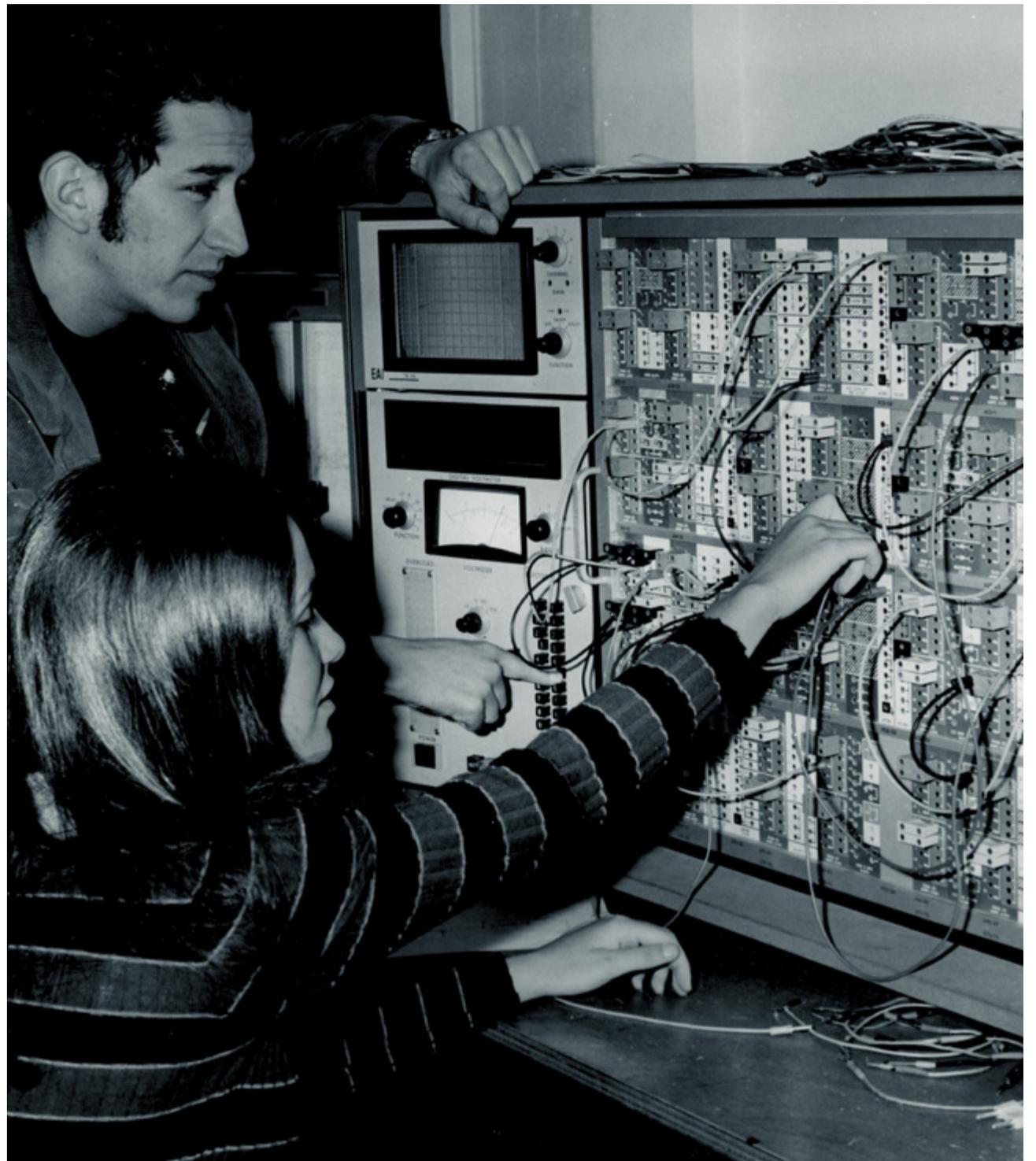
En 1971 se realizó el “Primer foro nacional sobre el medio ambiente”, el cual marcó el inicio de una cadena de exitosos eventos sobre ese tema en el país. El foro se llevó a cabo en la Universidad de los Andes un año antes de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, que se llevó a cabo en Estocolmo y despertó el interés universal en la degradación del medio ambiente global y en la necesidad de adoptar urgentes medidas para contrarrestarlo. A través de sus memorias, el Primer foro nacional sobre el medio ambiente contribuyó a la preparación de la delegación colombiana que participó en dicho evento.



Ingeniería de Sistemas y Computación:
UNA UTOPIÍA
realizada en la Universidad de los Andes

«La invención y el desarrollo de los computadores han traído consigo lo que se ha llamado la “revolución de la información”. Debiendo conformarse a la realidad, las universidades se están viendo obligadas a modificar sus programas educativos. Sin embargo, se ha visto que no sólo hay que modificar los programas existentes, sino que también es necesario introducir nuevas disciplinas y nuevos planes de estudio independientes de los programas tradicionales.»

Programa en Ingeniería de Sistemas y Computación (Proyecto). Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería. Noviembre de 1967



Estudiantes uniandinos con el computador análogo TR-48. Foto L.A. Prieto. Fototeca de la Universidad de los Andes

Entre las tarjetas perforadas, las reglas de cálculo, los libros de Fortran y Cobol, y los cursos de algoritmos, sistemas de información y teoría de juegos, los jóvenes Alfredo Amore, Xavier Caicedo y Diego Escobar recibieron el 28 de agosto de 1970 su grado como los primeros Ingenieros de Sistemas y Computación del país. Por la celebración de su aniversario 40, la *Revista de Ingeniería* se propone hacer memoria sobre el proceso de creación de este programa y sus primeros egresados, pues constituyen un hito determinante en la historia de la ingeniería colombiana, gestado desde la Universidad de los Andes.

Amore, Caicedo y Escobar empezaron su carrera estudiando Ingeniería en los Andes y habían dirigido sus rumbos en los distintos departamentos que existían en ese entonces en la Facultad de Ingeniería, pero en el año de 1967 se encontraron con una nueva propuesta educativa. El profesor Eduardo Aldana, quien era el decano de la Facultad en ese momento, recuerda así la antesala de la creación de la primera carrera de Ingeniería de Sistemas y Computación en Colombia: “Todo este desarrollo está muy influenciado por nuestras relaciones con el Massachusetts Institute of Technology - MIT y especialmente por el *Interamerican Program in Civil Engineering*, un programa diseñado por MIT para colaborar con América Latina en el fortalecimiento de sus programas de educación y también en la investigación sobre problemas críticos de la región utilizando nuevas herramientas (...) Nos visitaban con frecuencia profesores de esta Universidad —entre ellos Frederick J. McGarry, director asociado del programa— quienes nos ofrecieron dictar un seminario sobre las aplicaciones del computador en Ingeniería Civil en el mes de julio de 1963. Para poder hacer eso, debíamos tener funcionando el computador que nos había donado la IBM, el

650, que fue el primer computador instalado en una universidad colombiana. El impacto que tuvo en todos nosotros, en la manera de pensar y en los cursos que buscaban utilizar el computador en la enseñanza en la Facultad de Ingeniería fue grande”.

Entre 1963 y 1967, la Universidad de los Andes pasó de tener un IBM 650 a tener un IBM 1620, y después de una ardua labor de consecución de fondos se adquirió un IBM 1130, financiado por la Fundación de la Universidad de los Andes en New York y por una donación personal de Rodman Rockefeller, cuando se retiró de su presidencia de esta fundación. Con el IBM 1130 la Universidad se puso a la par con otras universidades extranjeras que tenían el mismo equipo. Aldana añade: “A esto se le sumó la reforma realizada en la enseñanza de la ingeniería a principio de la década de los años 60 en los Estados Unidos, que ocasionó que la National Science Foundation estableciera institutos de verano para capacitar a los profesores en estos nuevos desarrollos computacionales; varios profesores de la Facultad de Ingeniería solicitamos admisión a dichos seminarios y fuimos admitidos, con lo cual nos situamos en la frontera de la enseñanza de la ingeniería. Fue un momento de mucha evolución y resultó natural que pensáramos en continuar con esta evolución creando un programa en Ingeniería de Sistemas y Computación”.

Por esa época, Eduardo Aldana le pidió a Enrique Dávila, otro de los nuevos profesores de la Facultad, que preparara un curso sobre informática o, como era llamada en la época, *Computer Science*. Poco después, Carlos Amaya, Director del Departamento de Ingeniería Eléctrica, visitó en Estados Unidos al egresado uniandino Javier Caro, quien realizaba sus estudios de maestría en esta área en la University of Pennsylvania. Juntos empezaron

a trabajar en una propuesta de programa tomando como paradigma las propuestas de la Association for Computing Machinery - ACM. Cuando Amaya retornó a Colombia con un borrador de programa establecido, en noviembre de 1967, la Facultad de Ingeniería inició el trámite de aprobación ante el Consejo Académico, justo antes de que Aldana se retirara de la decanatura de la Facultad para realizar sus estudios doctorales en MIT. A su partida, Carlos Amaya fue nombrado decano y continuó con la labor de sacar adelante este proyecto educativo que muchos consideraban un salto al vacío: “no fue fácil, era algo nuevo y había que responder preguntas que debían convencerlos a todos: ¿para qué este programa?, ¿los egresados van a tener trabajo?... En medio de ese proceso, debatimos el nombre que se le daría a esta carrera: inicialmente se pensaba en nombrarla Ciencias de la Computación, pero este nombre remitía a la Facultad de Ciencias y no a la Facultad de Ingeniería. Como se quería darle a la carrera una estructura sólida con una amplia formación en matemáticas y física, y ya que la Facultad de Ingeniería funcionaba con el sólido esquema de los tres años básicos de ingeniería, llegamos a proponer el nombre de *Ingeniería de Sistemas y Computación*, que era muy utilizado en la época pero no justamente para designar los estudios de *Computer Science*, pues su significado era más universal y general”, afirma Carlos Amaya. Una vez recibida la aprobación por parte de la Universidad, la rectoría buscó la aprobación gubernamental y fue conseguida sin ningún contratiempo.

Así, a finales de 1967 en la rectoría de Ramón de Zubiría, se creó el primer programa de Ingeniería de Sistemas y Computación de Colombia, el cual estaba adscrito al Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad de los Andes. Es importante mencionar que para aquel entonces, la Facultad de Ingeniería funcionaba como una unidad compacta, aunque existían cuatro departamentos. Esto seguramente se debía a su tamaño, pues la planta profesoral no superaba los 20 profesores y todos ellos aportaban al crecimiento de la facultad mientras iba aumentando el número de profesores a medida que avanzaban los semestres de la carrera. Es el caso de Xavier Caro, quien se había establecido en el país y fue contratado como coordinador del programa, pues era la persona que en realidad sabía del tema y tenía el entusiasmo, quien organizaba el trabajo de los estudiantes y dirigía sus tesis, junto con el apoyo irrestricto de Hernando Durán y Gabriel Cuervo, profesores del Departamento de Ingeniería Eléctrica.

Se debe anotar también que este programa pionero no empezó con estudiantes que cursaban primer semestre, sino que contó con jóvenes que estaban terminando su tercer año de estudios básicos de ingeniería y con otros más adelantados que decidieron cambiarse de carrera. Recuerda Xavier Caicedo: “Mi caso fue bastante extraño. Después de un primer intento de ser arquitecto y tras otro breve tiempo en el departamento de Ingeniería Civil, opté por estudiar Ingeniería Eléctrica. Por fortuna en esa época la Universidad de los Andes era bastante flexible y tolerante –tal como es ahora– con estudiantes extraños como yo, lo cual me permitió moverme fácilmente por las carreras que quería explorar. Mis planes eran terminar Ingeniería Eléctrica, pero ocurrieron otros eventos que hicieron que cambiase una vez más:

me encontraba haciendo doble programa con Matemáticas y, ya que mis inclinaciones eran muy teóricas y había tomado cursos de lógica que también hacían parte de Ingeniería de Sistemas y Computación, me atrajo poderosamente el nuevo programa. Así que, en el año 68, cuando llevaba tres años y medio de estudios, una vez más y sin encontrarme con ningún obstáculo (probablemente porque necesitaban estudiantes), hice otro cambio a Sistemas”.

Alfredo Amore, por su parte, estaba inscrito en el sistema 3/2 con el propósito de terminar Ingeniería Química en los Estados Unidos. “Al cabo de un año abandoné la idea de ser ingeniero químico y me pasé a Ingeniería Eléctrica. Además, trabajaba para la misma universidad como perforista de las máquinas modelo 26, porque escribía bastante bien a máquina; así que empecé a relacionarme prontamente con el centro de cómputo y el cuarto de las máquinas perforadoras. En ese momento Gabriel Cuervo, mi cuñado, me habló con mucho entusiasmo de los lenguajes de programación y de los computadores, y de la posibilidad de estudiar esto por primera vez en Colombia. Así que apenas abrieron el programa de Ingeniería de Sistemas y Computación me cambié de carrera. Conocía ya algo del tema y me resultaba apasionante”.

En medio de este “ambiente pionero de Universidad en construcción” –como lo llama Xavier Caicedo– los estudiantes Pedro Bossio, María Consuelo González, Rodrigo Salas, Luis Pineda, Hernán Moreno, Alfredo Amore, Diego Escobar y el mismo Caicedo, entre otros, empezaron a tomar los cursos de Sistemas que se dictaban por primera vez en la Universidad de los Andes, los cuales muchas veces no cumplían el número de estudiantes exigidos para ser abiertos. Estos jóvenes empezaron su camino académico junto a



Xavier Caicedo, Carlos Amaya y Alfredo Amore.
Foto: Archivo Revista de Ingeniería.



los profesores Hernando Durán, Carlos Amaya y Xavier Caro –este último había sido compañero suyo en algunas materias cuando se encontraba finalizando el pregrado.

El Centro de Computación Electrónica –dirigido en ese entonces por Germán Herrán, y en donde trabajaban Álvaro Villaveces, Eduardo Bayona, Fabio Roberto González, Luis Enrique Amaya y Hernando Durán– era el apoyo y soporte de todas las actividades de la Facultad de Ingeniería, con las que se buscaba hacer aplicaciones de las nuevas tecnologías. Los estudiantes tenían la libertad de usar las herramientas con las que contaba la Facultad casi sin pedir permiso, aunque en ciertas ocasiones debían luchar por hacerse a los turnos para tener el privilegio de usar el computador, sin importar la hora. Recuerda Amore que tuvo que aceptar valiosos turnos del centro de cómputo a las dos de la mañana, en el frío de la universidad sólo compensado por el calor del Centro de Cómputo.

Los primeros trabajos de los egresados, incluso antes de recibir su título, les fueron ofrecidos por la Universidad de los Andes: Amore era el operador de la nómina y Caicedo trabajaba como profesor de Lógica Matemática en la Facultad de Ingeniería, pues había recibido en 1969 su título como Matemático y les dictaba clase a sus propios compañeros. Aunque Caicedo nunca ejerció la Ingeniería de Sistemas, pues al otro día de recibir el grado salió del país para cursar sus estudios de posgrado en Matemáticas, siguió dictando clase en los Andes a su regreso, especialmente a matemáticos e ingenieros, labor que sigue desarrollando en conjunto con la investigación. Amore, por su parte, empezó a trabajar con Carlos García-Reyes, quien había conformado la firma Consultores en Investigación de Operaciones y Computación - CIOC, la primera compañía de consultores en sistemas de información de Colombia. Hoy, después de 40 años



Computador IBM 1130. Foto: Germán Tellez, Fototeca Universidad de los Andes.



de graduado, se desempeña como Gerente General de Terremark Colombia Inc., firma pionera en el país en centros de cómputo neutrales de misión crítica. Cinco años después de su grado, estos jóvenes, y varios de sus compañeros de promociones posteriores, volvieron a juntarse con el propósito de fundar la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas – ACIS en 1975, la cual aún hoy permanece vigente y goza de plena salud.

Durante la entrevista que antecedió esta Memoria, Amore mostro una copia del diploma de grado y causó sorpresa que estuviera firmado por el actual rector Carlos Angulo Galvis, siendo de 1970; y no menos sorpresa causó la explicación del hecho: con el objetivo de crear un exposición del Museo Colombiano de Informática –creado y dirigido por Alfredo Amore– en la Feria Compuexpo de 1982, se presentaron junto a las piezas del museo, como curiosidad, los tres diplomas originales enmarcados de Caicedo, Escobar y Amore; con tal mala suerte de que al desmontar la exposición se rompieron los vidrios protectores y los diplomas quedaron embodegados a la merced de los ratones, quienes dieron buena cuenta de ellos. Así, en un acto especial Escobar, Caicedo y Amore tuvieron el honor de recibir un “segundo grado” cuando cumplían su aniversario 31; recibieron un nuevo diploma, aunque sin la firma original de Francisco Pizano de Brigard y Carlos Amaya, sino firmado por Pablo Navas y por Carlos Angulo Galvis.

Por último, debe traerse a colación un último hecho determinante de esta historia. Siendo Rodrigo Querubín el jefe de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y Joaquín Oramas director del Centro

de Cómputo, se propuso que el tercer programa más grande de la Facultad, después de Industrial y Civil, tuviera presupuesto propio y una propia unidad administrativa. Se creó entonces, en 1976, el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación y Querubín fue su primer director.

Un reto importante con el que tuvieron que enfrentarse el programa, la Facultad de Ingeniería y la Universidad de los Andes, fuera de sus predios, fue convencer a la comunidad académica del país sobre la relevancia de esta nueva carrera, pues para muchos se trataba de un tema esotérico: “En un Congreso de Facultades de Ingeniería hecho por Acofi en Medellín, en el cual presentamos el programa, fuimos duramente cuestionados por los asistentes y las directivas”, recuerda Carlos Amaya [4]. A pesar de las dudas que generó y de un primer rechazo, se puede considerar que éste fue un caso de éxito, pues muchas universidades del país comenzaron a emular el programa de Uniandes: hoy en día hay más de 280 programas a lo largo y ancho de la nación y, además, se ha creado una Red de Decanos y Directores de Ingeniería de Sistemas y Afines – REDIS.

Ante la inevitable pregunta del impacto de los ingenieros de sistemas en estos 40 años, responde Xavier Caicedo: “el impacto de la fundación del programa en Uniandes fue una especie de bomba que hizo que el país se modernizara rápidamente en este aspecto, en comparación con otros países de la región; además, el interés por jóvenes en esta carrera fue amplio. La Ingeniería de Sistemas lo permeó todo y puede afirmarse que hoy todo depende de la Ingeniería de Sistemas”. ○

BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Programa en Ingeniería de Sistemas y Computación (Proyecto). Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería. Noviembre de 1967.*
- [2] *“Entrevista con Eduardo Aldana”. Noviembre de 2010. Archivo Revista de Ingeniería.*
- [3] *J. Aristizabal. “Del 650 al 360: los primeros computadores de la Universidad de los Andes”. Revista de Ingeniería, No. 20, Noviembre de 2004, pp. 103-105.*
- [4] *“Entrevista con Carlos Amaya, Alfredo Amore, Xavier Caicedo y Francisco Rueda”. Noviembre de 2010. Archivo Revista de Ingeniería.*
- [5] *Universidad de los Andes: 40 años, 1948-1988. Bogotá: Universidad de los Andes, 1989.*
- [6] *Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad de los Andes. Anecdotario - 1948 1998 -. Antonio García Roza (editor). Bogotá: Universidad de los Andes, Colección 50 años, pp. 20-21.*



Computador IBM-1130. Foto L.A. Prieto.
Foto: Fototeca Universidad de los Andes.



INGENIERÍA QUÍMICA EN UNIANDES:

historia de un gran resurgir

Después de graduar a 33 profesionales entre 1961 y 1975 en Colombia, Ingeniería Química, uno de los departamentos más antiguos de la Universidad de los Andes, fundado en 1950, cerró sus puertas como consecuencia de sus altos costos de sostenimiento y limitaciones en infraestructura. Dos décadas después, el Departamento y su programa insignia fueron reabiertos. En este artículo de Memoria, la *Revista de Ingeniería* reconstruye ese proceso de renacimiento, evolución e innovación.

La memoria fue escrita por Silvia Estefanía Gamba S. a partir de entrevistas realizadas a José Rafael Toro, Jorge Mario Gómez y Carlos Francisco Rodríguez.



Carlos Francisco Rodríguez. Foto: David Amado.



Aunque la década del noventa no fue fácil en Colombia, pues el déficit fiscal y una economía muy vulnerable hacían casi imposible concebir nuevos proyectos de cualquier tipo, la Facultad de Ingeniería de Los Andes –en aquel momento liderada por Alberto Sarria– entendió que pese a la gran recesión económica podía aportar al fortalecimiento industrial del país a partir de la reapertura de su programa de Ingeniería Química. Fue así como, con apoyo de algunos colegas también interesados en reabrir el Departamento, Sarria encargó la realización de un estudio que analizara el estado de todas las plantas piloto y los programas de pregrado en ingeniería química del país.

Ese registro detallado, consolidado por Alfredo Navarro¹, permitió a los profesores Martha García y José María Escovar diseñar una nueva estructura curricular para el programa y –con apoyo de los rectores Arturo Infante Villareal y Rudolf Hommes, y José Rafael Toro, vicerrector académico– reabrirlo en el segundo semestre de 1996 con un total de 31 estudiantes matriculados, de los cuales 14 se graduaron como ingenieros químicos en 2001.

Después de algunos años de su creación y con la desventaja de competir con once programas homólogos en universidades de gran trayectoria a lo largo del país, el nuevo departamento no gozaba de tanto progreso como se esperaba: muchas de las materias eran asumidas por el Departamento de Mecánica y la cantidad de estudiantes matriculados no se mantuvo en los niveles esperados. Esta situación motivó al nuevo decano, José Tiberio Hernández, a diseñar una estructura administrativa que permitiera al Departamento de Ingeniería Mecánica dirigir al de Ingeniería Química, pero con presupuestos separados. Fue así

como en el año 2000, Carlos Francisco Rodríguez asumió, bajo este esquema, el cargo de director del Departamento de Ingeniería Química.

“Entendíamos que ésta era una ingeniería tradicional y fundamental, pero también que debíamos tener un elemento diferenciador como ha sido característica en todos los programas de la Universidad” comenta Rodríguez. “Para lograrlo, la principal estrategia fue contratar profesores jóvenes con maestría que vinieran, se familiarizaran con Los Andes e hicieran a la Universidad parte de sus planes de vida. Para mí, lo más importante era que los profesores y estudiantes se volvieran verdaderos uniandinos: que se organizaran bajo las ideas de la Universidad y que crearan un mapa curricular distinto y, sobretodo, flexible”.

Esta convocatoria para profesores atrajo a ingenieros químicos provenientes de distintas universidades del país como la Nacional, del Valle, América, Industrial de Santander y Bolivariana, entre otras. Un grupo de jóvenes entre los que se cuentan profesores que hoy se mantienen en el departamento como Jorge Mario Gómez, Óscar Álvarez, Felipe Muñoz y Andrés González.

Un tiempo después de su incorporación al departamento, estos profesores fueron beneficiados del Acuerdo 66, con el cual la Universidad de los Andes brindaba un apoyo económico para que profesores cursaran estudios de doctorado en instituciones extranjeras; y entre 2001 y 2002 emprendieron este nuevo reto académico en distintas universidades norteamericanas y europeas. Durante su

“PARA MÍ, LO MÁS IMPORTANTE ERA QUE LOS PROFESORES Y ESTUDIANTES SE VOLVIERAN VERDADEROS UNIANDINOS: QUE SE ORGANIZARAN BAJO LAS IDEAS DE LA UNIVERSIDAD Y QUE CREARAN UN MAPA CURRICULAR DISTINTO Y, SOBRETUDO, FLEXIBLE”.

Carlos Francisco Rodríguez

¹ Ex decano de Ingeniería Química en la Universidad Industrial de Santander que se desempeñaba en ese entonces como profesor de termodinámica en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes.



Felipe Muñoz. Foto: Archivo, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de los Andes.



Andrés González. Foto: Archivo, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de los Andes.



Jorge Mario Gómez. Foto: Felipe Cazares. Oficina de Posicionamiento, Universidad de los Andes.



Oscar Álvarez. Foto: Felipe Cazares. Oficina de Posicionamiento, Universidad de los Andes.

ausencia, el Departamento se mantuvo en un constante crecimiento, no solo llegaron nuevos profesores a fortalecer la planta docente, sino también un par de nuevos laboratorios que fueron trasladados desde el Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico (CITEC) hacia el campus de la Universidad.

Nuevo enfoque, nueva historia

En 2005, con el regreso de algunos de aquellos jóvenes profesores que ahora ostentaban títulos de doctorado, se marcó el inicio de la consolidación del Departamento de Ingeniería Química como se le conoce en la actualidad. Alain Gauthier, quien fungía como Decano de la Facultad de Ingeniería, en un acto de confianza con esta nueva generación, decidió finalizar la unión entre Mecánica y Química, y nombró a Jorge Mario Gómez como director del Departamento de Ingeniería Química.

Los retos no se hicieron esperar, según comenta Gómez, “los lineamientos de la Universidad eran claros, Ingeniería Química debía ser un programa innovador y diferente, que ofreciera lo que otros del país no tenían. Para lograrlo nos surgieron tres ideas importantes: orientar la formación hacia el diseño integrado de productos, implementar un modelo de observación del fenómeno multiescala y concebir un nuevo modelo pedagógico”.

Aunque ninguna de estas tres ideas parecía fácil de materializar en el momento, su oportuna concreción ha permitido a la Universidad de los Andes ser la abanderada nacional del diseño de producto y no exclusivamente de procesos, como tradicionalmente se enseñaba a lo largo del país.

Muy pronto, se empezaron a formar ingenieros químicos uniandinos con orientación hacia el diseño de productos con valor agregado. Además, diferente a las tradicionales y monumentales plantas piloto de otras universidades, los laboratorios del Departamento se construyeron pequeños y bajo otro concepto: permitían observar y medir fenómenos a diferentes escalas con buena exactitud. A esto se sumó una gran reforma curricular,



“pasamos de 154 a 136 créditos y eso nos obligó a cambiar la manera de enseñar. Esa fue una gran discusión con otras universidades, pues la Ingeniería Química es una carrera muy conservadora. Pero el concepto era diferente, maravilloso y flexible. Eso nos dio la capacidad de innovar y crear” concluye Jorge Mario Gómez.

Una vez establecida e implementada esta nueva visión pedagógica, el Departamento empezó a recorrer un camino de evolución constante que se ha mantenido hasta la fecha. Algo decisivo en este recorrido fue la determinación para empezar a investigar junto con los estudiantes de pregrado y publicar formalmente en revistas científicas los resultados de dichas investigaciones. Una vez madurado este proceso, aproximadamente en 2008, Ingeniería Química estaba preparada para dejar de ser únicamente un departamento con un programa de pregrado y pasar también al nivel de maestría, para lo cual se requirió una importante inversión en bibliografía y laboratorios, inversión de varios millones de dólares respaldada con optimismo por la vicerrectoría de investigaciones, encabezada por ‘Pepe’ Toro.

La inauguración de los nuevos laboratorios en el también nuevo Edificio Mario Laserna fue la antesala para que el Departamento diera otra serie de grandes saltos: recibir la acreditación de alta calidad para el programa de pregrado en 2008, la apertura de la Maestría en Ingeniería Química en 2009 y la obtención por primera vez de la acreditación ABET en 2012.

Una promesa de valor más que cumplida

Veintidos años después de su reapertura, el Departamento de Ingeniería Química ha sobrepasado las metas con las que fue nuevamente concebido en 1996. No solo se ha posicionado como un estandarte de la innovación propia de la Universidad de los Andes, sino que se ha convertido también en un referente para muchas escuelas de ingeniería que, en su momento, fueron críticas del modelo de enseñanza del Departamento, y las cuales han apropiado conceptos pedagógicos y lineamientos de infraestructura.

Además, el Departamento, a través de su grupo de investigación GDPP (Grupo de Diseño de Productos y Procesos) ha logrado importantes acercamientos con la industria colombiana, algo que demuestran alianzas con Ecopetrol, en el sector de hidrocarburos, y con empresas destacadas de la industria de alimentos como Noel del grupo Nutresa y Casa Luker, entre muchas otras. Sin dejar de lado los proyectos conjuntos con universidades nacionales e internacionales entre las que destaca el Tecnológico de Monterrey.

Pero las alianzas no han sido únicamente con el sector externo, a lo largo de los años, Ingeniería Química ha construido relaciones sólidas con otros departamentos, tanto de Ingeniería como de otras facultades de Los Andes. Ejemplo de ellos son proyectos académicos conjuntos con Biomédica, Ambiental, Eléctrica y Electrónica, y Mecánica. Al igual que con departamentos

externos como Microbiología, con quien comparte una maestría, y Química y Física.

Una estrategia adicional de investigar y crear en función de las necesidades de la industria colombiana ha dado también frutos valiosos para el Departamento, el cual, recientemente recibió dos patentes por el desarrollo de Biosurfactantes, una alternativa biológica sostenible que separa la contaminación de las aguas derivadas de la extracción de hidrocarburos, entre otras aplicaciones industriales.

Finalmente, pero no menos importante, el Departamento ha logrado un equilibrio positivo en la participación de hombres y mujeres. El 58 % de estudiantes son mujeres y el 42 %, hombres; y aunque esta relación no es similar en la planta profesoral (de diez profesores, dos son mujeres), ya se adelantan esfuerzos para sumar talento femenino al equipo docente.

Todo lo anterior, sumado a una serie de éxitos más, corrobora que –como diría su antiguo director, Carlos Francisco Rodríguez, en medio de un ejercicio de planeación estratégica del Departamento en sus inicios– “este es el nuevo gran departamento de la Facultad”. ○

“Progama de Alta Gerencia”

UN CASO EXITOSO

de innovación y transferencia tecnológica

Un ejemplo de innovación educativa y de transferencia de tecnología de gran impacto para el sector productivo lo encontramos en el “Programa de Alta Gerencia” de la Universidad de los Andes, iniciado por las Facultades de Ingeniería y de Economía, y que continúa cumpliendo ampliamente con sus cometidos desde la Facultad de Administración. Por este motivo, la *Revista de Ingeniería* pretende recordar en esta memoria, la iniciativa cuyo propósito –que se ha cumplido con éxito en sus más de 40 años de existencia– fue llevarle a las clases dirigentes todas las tecnologías modernas de análisis financiero, desarrollo organizacional, gestión empresarial y de entendimiento amplio del entorno gerencial, con el propósito de formar ejecutivos de alto nivel que orientaran no sólo las empresas que dirigían sino a través de ellas a la sociedad colombiana.

La Memoria fue escrita por Paola Estrella a partir de entrevistas realizadas a Arturo Infante Villareal y a Carlos Dávila Ladrón de Guevara.

Arturo Infante, director financiero de la Universidad de los Andes; Eduardo Aldana, Decano de la Facultad de Ingeniería; y Eduardo Wiesner, Decano de la Facultad de Economía. Foto: Fototeca Universidad de los Andes



El “Programa de Alta Gerencia” nació como respuesta a la necesidad de formar a los altos ejecutivos colombianos, introduciéndolos en las nuevas técnicas de análisis financiero, de las relaciones interpersonales dentro del contexto del desarrollo organizacional, de la ciencia política, la economía y de la gestión administrativa. Sobre este tema se habían dado otras iniciativas en la década de los años 60, como es el caso de la Universidad del Valle, en la ciudad de Cali, donde se creó con el apoyo de la seccional de INCOLDA, un programa para los industriales y la clase dirigente del Valle del Cauca, que recibió el decidido apoyo de Manuel Carvajal, eminente empresario, político y líder de la comunidad vallecaucana.

Este contexto hizo que la Universidad de los Andes se planteara la posibilidad de crear un programa que informara a los ejecutivos sobre “nuevos conceptos, herramientas y panoramas administrativos”, que los motivara a un proceso de cambio “como profesionales de la gerencia y como personas” [1] y que, además, les permitiera establecer vínculos personales y comerciales con los demás participantes del programa y con la academia.

La persona escogida por la Universidad para este propósito fue Alejandro Zapata, quien había tomado cursos de análisis financiero y gestión administrativa en el Sloan School of Management de MIT, un reconocido programa de educación para ejecutivos. Sin embargo, cuando Zapata trabajaba en la propuesta de proyecto, fue contratado por Forjas de Colombia S.A. Por tanto, la Universidad de los Andes le encomendó esta misma labor a Arturo Infante Villarreal, quien había regresado de hacer su doctorado en Ingeniería Industrial en Stanford

University. Aunque su formación no se orientaba propiamente a la preparación de ejecutivos, Infante –quien llegaría a ser Rector de la Universidad– sí tenía una formación profunda en *engineering economics* e investigación operacional.

Infante había sido ya Director del Departamento de Ingeniería Industrial y en ese momento hacía parte del equipo de la rectoría de la Universidad de los Andes pues se desempeñaba como director financiero. Desde su inicio, el proyecto liderado por Infante hasta 1978, contó con la aquiescencia de Francisco Pizano, Rector; de Héctor Prada, Director Administrativo; de Fernando Cepeda, Secretario General; y de Jaime Villarreal quien era del Decano de Estudiantes de la Universidad. Todos ellos, además de su trabajo directivo, también eran profesores activos de la Universidad. Dado que el Departamento de Ingeniería Industrial ha tenido desde sus inicios una perspectiva no meramente técnica sino más bien económica y social, y que la mayoría de los promotores del llamado “Programa de Alta Gerencia” pertenecían a este departamento, Ingeniería Industrial y la Facultad de Ingeniería fueron la cuna natural del proyecto cuando vio la luz finalmente en 1968.

La principal característica diferenciadora de este programa con sus predecesores fue la referente a su cuerpo profesoral: mientras que, por ejemplo, el programa de la Universidad del Valle traía reconocidos profesores expertos en el tema de prestigiosas universidades norteamericanas, la Universidad de los Andes decidió tener un cuerpo profesoral multidisciplinario propio, complementado por invitados nacionales e internacionales de alto nivel, para cubrir las diversas áreas en las que los ejecutivos colombianos tenían necesidad de conocimiento. De esta forma,

**DESDE SUS INICIOS,
EL PROGRAMA DE
ALTA GERENCIA TUVO
UN ALTO IMPACTO EN
LA CLASE DIRIGENTE
DE COLOMBIA, PUES
LOGRÓ QUE LOS
ALTOS EJECUTIVOS Y
DIRIGENTES VOLVIERAN
A LA ACADEMIA Y
SE CREARA UN LAZO
IMPORTANTE ENTRE
LA UNIVERSIDAD Y EL
SECTOR EMPRESARIAL
DEL PAÍS.**



“EL PROGRAMA DE ALTA GERENCIA FUE UNA VERDADERA INNOVACIÓN, PUES EN COLOMBIA NO EXISTÍAN PROGRAMAS DE GERENCIA ORIENTADOS A PROFESIONALES DE DISTINTAS ÁREAS DEL SABER QUE DEBÍAN CAPACITARSE Y TENER CIERTA INFORMACIÓN EN CASO DE DIRIGIR UNA EMPRESA”.

Carlos Dávila Ladrón de Guevara,
profesor emérito de la Universidad
de los Andes.



Foto: Roger Triana

el cuerpo profesoral del “Programa de Alta Gerencia” en sus primeros años contó con algunos de los profesores de planta de Uniandes: los ingenieros industriales Enrique Ogliastri y Manuel Rojo, el filósofo y politólogo Fernando Cepeda, el médico siquiatra Jaime Villareal, la filósofa y literata Gretel Wernher, los economistas Jurgen Hass y Augusto Cano, los abogados Enrique Low Murtra y Andrés Holguín, entre otros.

Uno de los primeros retos que enfrentó el programa fue determinar quiénes serían sus estudiantes e interesarlos en la necesidad de capacitarse gerencialmente. No obstante, gracias al compromiso de directivos de la Universidad de los Andes como Pedro Navas, Alberto Izasa y Hernán Echavarría, y al apoyo de los Decanos Eduardo Aldana y Eduardo Wiesner, de la Facultad de Ingeniería y de la Facultad de Economía, respectivamente, se logró que el programa tuviera alta difusión fuera de la Universidad, tanto en la empresa privada como en el sector público del país. Incluso, muchos de sus gestores se inscribieron en el programa, siendo uno de ellos Juan Pizano de Brigard prestante arquitecto y constructor, hermano mayor del Rector Francisco Pizano.

Recuerda Carlos Dávila: «El “Programa de Alta Gerencia” fue una verdadera innovación porque, a pesar de que existían MBAs en Estados Unidos desde comienzos de siglo XX y algunos colombianos habían accedido a ellos, en Colombia no existían programas de gerencia orientados a profesionales de distintas áreas del saber que debían capacitarse y tener cierta información en caso de ser gerentes o dirigir una empresa. El hecho de que esto pudiera enseñarse académicamente fue sin duda una innovación, primero, por la temática –el desarrollo organizacional– que era muy novedosa aún en



Colombia; segundo, porque se creó un espacio donde grandes personalidades venían no sólo a aprender sino a compartir experiencias, a conversar y a hacer lo que hoy en día se denomina *networking*. Creo que la misma Universidad fue muy consciente de ese *plus*, desde la formulación misma del proyecto».

Entre los participantes de las primeras promociones –que tomaban clase en el llamado “Salón de Alta Gerencia”, el W501, adecuado en el desaparecido Edificio W y que para la época se asemejaba más a un salón de un club social que a un salón de clases– se encontraban ministros, gerentes y miembros de los consejos directivos de las empresas, entre otros. Cabe señalar a Luis Carlos Galán, quien en ese entonces era Subgerente de *El Tiempo*; a Pedro Gómez, Gerente General de Pedro Gómez & Cía. S.A.; Alberto Montañez, Vicepresidente de Bavaria; Carlos Amaya y Fernando Acosta, Decano y Vicedecano de la Facultad de Ingeniería; Hernando Groot, Vicerrector, y varios directores de departamento y profesores de la Universidad de los Andes. También hicieron presencia ejecutivos de Ecopetrol, Ministerio de Defensa, Banco de la República, Instituto Nacional de Radio y Televisión, Telecom, Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá, ICA, Banco Cafetero, Banco de Bogotá, Colmena, Banco Ganadero, Avianca, Ladrillera Santa fe, Icasa, UTC, Federación Nacional de Cafeteros, Colseguros, Seguros Bolívar, ESSO, IBM de Colombia, Siemens Col S.A., Periódico *El Tiempo*, Periódico *La República*, SENA, entre muchas otras.

Como una curiosidad del programa, se ofrecían reuniones semanales para las esposas de los participantes, en las cuales

imperaba el estudio de la psicología infantil, el desarrollo político y la mujer, y la problemática de la empresa, la sociedad y la familia [1]. Con el tiempo y con la cada vez mayor asistencia de mujeres como estudiantes del “Programa de Alta Gerencia”, a estas reuniones ya no sólo acudían las esposas sino también los esposos de los asistentes y el programa paso a llamarse “Programa para Cónyuges”.

Desde su primera promoción el “Programa de Alta Gerencia” ha tenido una duración de un año, nunca ha asignado calificaciones a sus participantes y hasta el día de hoy otorga el “Diploma de Alta Gerencia”, que tiene una calidad de certificado de asistencia pero que no equivale a un título formal de postgrado, ya que fue pensado y sigue siendo un programa de formación de ejecutivos, para los cuales lo fundamental es la experiencia vivencial y multidisciplinaria. El programa se ha ofrecido ininterrumpidamente desde 1968 en Bogotá y desde 1992 se empezó a impartir en otras ciudades como Barranquilla, Cartagena, Cali, Manizales, Bucaramanga y Medellín. En total ha habido cerca de 100 promociones de egresados.

El “Programa de Alta Gerencia” fue gestado desde la Facultad de Ingeniería y la Rectoría de la Universidad de los Andes, posteriormente pasó a ser dirigido por la Facultad de Administración, que fue creada en 1973. Desde sus inicios y aún hoy ha ejercido un alto impacto en la clase dirigente del país Colombia, pues logró que los altos ejecutivos y dirigentes volvieran a la academia y se creara así un lazo importante entre la Universidad y el sector empresarial del país. ○

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Programa de Alta Gerencia”. 1975-1976. Folleto. Bogotá: Universidad de los Andes, S.d.
- [2] “Entrevista con Arturo Infante Villareal”. Junio de 2011. Archivo *Revista de Ingeniería*.
- [3] “Entrevista con Carlos Dávila Ladrón de Guevara”. Junio de 2011. Archivo *Revista de Ingeniería*.
- [4] “Alta Gerencia”. *Facultad de Administración*. Fecha de consulta: 10 de junio de 2011. Disponible aquí:



EDUCACIÓN

en Ingeniería

2

Contenidos

· Capítulo 2 ·

EXPERIENCIAS EDUCATIVAS

en Ingeniería, un referente de calidad en el país



Por: Silvia Caro Spinel

Ingeniera civil, Ph.D. Vicedecana académica,
Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.

Desde su fundación, hace 70 años, la Universidad de los Andes se ha destacado por proponer e implementar modelos académicos y pedagógicos que han sido considerados como innovadores para su época en el país. En la mayoría de los casos, el impacto de estos modelos ha trascendido las fronteras de la Universidad y ha permeado positivamente los esquemas educativos colombianos. Un ejemplo emblemático es la adopción del modelo norteamericano de los semestres y créditos académicos – muy diferente a los modelos existentes en su momento en las instituciones de educación superior del país – para la concepción inicial de los programas académicos de la Universidad. Debido a su flexibilidad y a los buenos resultados que mostró dicho modelo en Uniandes, años más tarde el gobierno nacional adoptó este modelo como reglamentario para el sistema universitario a nivel nacional.

En términos de educación en ingeniería, no cabe duda de que la Facultad ha sido un referente de calidad. Desde sus inicios, la Facultad ha asumido el reto de ofrecer programas actuales, diferentes e innovadores. Para ello, reconoce que los modelos educativos son dinámicos y que la reflexión, la autoevaluación y la valoración del desempeño de sus egresados, son elementos indispensables para adaptar los programas de ingeniería a un mundo cambiante, cada vez más globalizado y tecnificado. Es así como la Facultad ha logrado adaptar y transformar sus programas más tradicionales (Civil, Mecánica, Eléctrica, Industrial y Sistemas y Computación) durante las últimas seis décadas y ha tomado la decisión de abrir nuevos programas en áreas identificadas en su momento como emergentes: Electrónica, Química, Ambiental y Biomédica y, próximamente, Alimentos.

Los documentos presentados a continuación, publicados en la sección de 'Memorias' de la Revista de Ingeniería durante los últimos 10 años, describen dos experiencias educativas que han marcado significativamente la historia de la Facultad. La primera es el surgimiento y consolidación de los programas de ingeniería de la Facultad en el periodo comprendido entre 1949 y 1965, la cual se describe en tres de estos documentos, y la segunda es la creación del programa de doctorado en Ingeniería.

Con respecto a la creación y consolidación de los programas de la Facultad, los manuscritos destacan los siguientes como los elementos que permitieron la consolidación inicial del modelo Uniandino de educación en ingeniería: i) la implementación del sistema de créditos y la semestralización de los programas, mencionada previamente, ii) el programa '3-2' implementado en 1951 que –siguiendo la figura de los 'community colleges' norteamericanos– permitía a los estudiantes cursar tres años en Uniandes y culminar sus estudios en universidades norteamericanas (Universidad de Illinois, Universidad de Pittsburgh, Universidad de Texas, Notre Dame, Massachusetts Institute of Technology (MIT), entre otros), obteniendo la titulación de pregrado en ingeniería de las dos instituciones, y iii) la adopción del modelo pedagógico del aula invertida, bajo el cual el estudiante debía estudiar el contenido y realizar problemas de forma autónoma con anterioridad a cada clase, con el objetivo de dedicar el tiempo de clase a aclarar dudas y ahondar en los diferentes temas con el apoyo del profesor. El primer elemento fue indispensable para flexibilizar los programas y permitir la

transición de los estudiantes de Uniandes a las universidades norteamericanas, el segundo permitió a las directivas contar con el tiempo requerido para consolidar la infraestructura y el cuerpo profesoral necesarios para ofrecer programas completos de alta calidad en la Facultad, lo cual ocurrió en el año de 1964 para las carreras de Civil, Mecánica y Eléctrica y en el año de 1965 para el programa de Ingeniería Industrial, y el tercero le dio un sello característico de autonomía e independencia a los egresados de estos programas.

Comprender el origen y la consolidación de los programas de ingeniería permite también entender la forma en que éstos han evolucionado en las últimas décadas. Por ejemplo, para mantener los altos estándares que han caracterizado a los programas desde sus orígenes, la Facultad promovió la implementación de sistemas de mejoramiento continuo de calidad académica, los cuales han permitido obtener la acreditación nacional de alta calidad (CNA) e internacional (ABET) de todos sus programas de pregrado. Así mismo, el proceso de reforma curricular realizado hace 12 años –y el que se encuentra actualmente en desarrollo– tienen como objetivo común ofrecer programas novedosos que fomenten una formación integral sólida y que permitan a sus estudiantes una formación flexible que responda a sus propios intereses.

Con respecto a la segunda experiencia, la sección de '*memoria*' publicada en la edición número 29 describe la creación del programa de Doctorado en Ingeniería de la Facultad. En dicho manuscrito se describe cómo este programa surge en el año 1998

LOS DOCUMENTOS PRESENTADOS A CONTINUACIÓN, PUBLICADOS EN LA SECCIÓN 'MEMORIA' DE LA REVISTA DE INGENIERÍA DURANTE LOS ÚLTIMOS DIEZ AÑOS, DESCRIBEN EXPERIENCIAS EDUCATIVAS QUE HAN MARCADO SIGNIFICATIVAMENTE LA HISTORIA DE LA FACULTAD.





EN EL MOMENTO DE LA PUBLICACIÓN DE ESTA MEMORIA, LA FACULTAD CONTABA CON 53 ESTUDIANTES INSCRITOS EN EL PROGRAMA DE DOCTORADO Y CON 22 EGRESADOS. HOY EN DÍA, 20 AÑOS DESPUÉS DE SU CREACIÓN, EL PROGRAMA TIENE UN POCO MÁS DE 100 ESTUDIANTES DOCTORALES MATRICULADOS Y EL MISMO NÚMERO DE EGRESADOS.

como la culminación del proceso de formación del posgrado que la Facultad y como un elemento esencial para continuar con la transformación de Uniandes hacia una universidad de investigación. Es de destacar que 50 años después de la fundación de la Universidad, la Facultad adoptó un elemento esencial de la creación de los programas de pregrado para la creación del programa de doctorado: las co-tutelas. Esta figura permitió que los primeros estudiantes iniciaran sus estudios de doctorado en la Facultad y los culminaran en universidades europeas, obteniendo el título de doctor de las dos instituciones. Para el año 2009, momento en que se publicó este manuscrito, el programa se ofrecía en su totalidad por la Facultad. No obstante, el requerimiento de una pasantía en un grupo de investigación internacional y la existencia de co-tutelas con universidades de primer nivel, siguen siendo elementos característicos de este programa en la actualidad, los cuales han permitido fortalecer los vínculos de colaboración en investigación de la Facultad a nivel internacional.

En el momento de la publicación de esta memoria, la Facultad contaba con 53 estudiantes inscritos en el programa de doctorado y con 22 egresados. Hoy en día, 20 años después de su creación, el programa tiene un poco más de 100 estudiantes doctorales matriculados y el mismo número de egresados.

Es de destacar que la experiencia adquirida en las últimas décadas en los programas de posgrado ha motivado de la Facultad a crear un nuevo programa de posgrado denominado Maestría y Doctorado en Gestión de la Innovación Tecnológica, esta vez con la co-participación de los programas de Diseño y Administración de la Universidad. Es de esperar que, al igual que los demás programas de la Facultad, éste se convierta en un referente para la formación multidisciplinar de ingenieros capaces de aportar al desarrollo y competitividad de la industria del país. ○



Aportes a la educación en Ingeniería,

EL MODELO DE UNIANDES

A finales de la década del cuarenta, provenientes de universidades norteamericanas e inglesas, llegaron al país ingenieros colombianos con una nueva mentalidad y formación en diversos campos de la ingeniería. Parte de estos profesionales especializados asumió la responsabilidad de fundar la Universidad de Los Andes y, en ella, la Facultad de Ingeniería. En efecto, en 1949 se recibió el primer grupo de alumnos que debía cumplir con un plan básico de estudios y que había sido diseñado bajo la orientación académica de la Universidad de Columbia en Nueva York. Este modelo de “college”, que en la Universidad se denominó “Colegio de Estudios Superiores”, permitió que en los primeros años de educación superior, ingenieros, economistas y arquitectos compartieran aulas en los cursos de inglés, matemáticas y humanidades.

Primer Semestre

Iniciación de clases: Marzo 2 de 1954.

- 1ª semana del 2 al 6 de marzo.
- 2ª semana del 8 al 13 de marzo.
- 3ª semana del 15 al 20 de marzo (19 fiesta. 20 no hay clases).
- 4ª semana del 22 al 27 de marzo.
- 5ª semana del 29 de marzo al 3 de abril.
- 6ª semana del 5 de abril al 10 de abril.
- 7ª semana del 19 de abril al 24 de abril. (Semana Santa del 12 al 17).
- 8ª semana del 26 de abril al 30 de abril. (1º de mayo. Fiesta).
- 9ª semana del 3 de mayo al 8 de mayo.
- 10ª semana del 10 de mayo al 15 de mayo.
- 11ª semana del 17 de mayo al 22 de mayo.
- 12ª semana del 24 de mayo al 29 de mayo (El 27 fiesta).
- 13ª semana del 31 de mayo al 5 de junio.
- 14ª semana del 7 de junio al 12 de junio.
- 15ª semana del 14 de junio al 19 de junio (El 17 fiesta).

Exámenes del primer semestre: Junio 22 a julio 3.

Cronograma académico de la Universidad de los Andes 1954 - 1955.

Foto: Archivo Revista de Ingeniería

La *Revista de Ingeniería*, en esta ocasión, quiere reconstruir la memoria de un proceso que tuvo lugar en el seno de la Universidad de los Andes, pero especialmente en su Facultad de Ingeniería, y que significó un modelo de educación superior seguido posteriormente por otras universidades. Es un proceso al que Eduardo Aldana Valdés denomina “Tras la excelencia”¹; primero, por el título del artículo publicado por la revista *Time* dedicado a Uniandes (“Pursuit of Excellence”, Octubre 19 de 1962); y, segundo, por tratarse de un momento en el cual se establece un cambio en el ordenamiento universitario que reformó el p \acute{e} nsum global, hizo un cambio en el tiempo de estudios del a \acute{n} o al semestre acad \acute{e} mico y aplicó el sistema de cr \acute{e} ditos, así como también implementó la asignatura como unidad acad \acute{e} mica entre otras reformas que mencionaremos en lo que sigue.

El período comprendido entre 1949 y 1965 puede considerarse como la primera fase de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, no sólo porque en 1949 se inaugura un programa de ingeniería novedoso en el país, de doble titulación en el exterior para ingenieros, sino también porque se hacen todos los esfuerzos por expandir la Facultad, con miras a completar los programas de ingeniería civil, eléctrica, mecánica e industrial de excelente calidad.

Desde su fundación, la Universidad de los Andes concibió la formación de sus estudiantes desde una visión de conjunto; es decir, se propuso la meta de formar profesionales capaces de tener una mirada compleja de la sociedad. El estudiante uniandino debía ser capaz de analizar su contexto social como un todo integral, pero, así mismo, lograr resultados

en un breve lapso temporal. Así pues, se estableció la Facultad de Ingeniería que se diferenció de las demás por cambiar el p \acute{e} nsum existente, que era muy poco flexible. En estas condiciones, y contemplando además la necesidad de integrar al país otras disciplinas de la ingeniería aparte de la ingeniería civil, Mario Laserna se reunió, por intermediación de John von Newman, con representantes de la Universidad de Illinois¹. De dicha reunión surgió el acuerdo del programa de transferencia “3-2”¹ que comenzaría a funcionar en 1951 y que se extendió pronto a las universidades de Pittsburg, Texas, Bradley, MIT, entre otras.

La razón de este acuerdo y las condiciones para hacerlo posible son fundamentales para la consolidación de la Facultad de Ingeniería, propiamente dicha, y para comprender su desarrollo posterior. Para Álvaro Salgado, “la oportunidad de que los estudiantes viajaran a Estados Unidos representó la posibilidad de que pudieran trabajar en los laboratorios norteamericanos, tuvieran a su alcance los equipos de última tecnología y se formaran con los más prestigiosos y calificados profesores”¹. Pero además, para la facultad implicó el reto de establecer un p \acute{e} nsum, un enfoque y unos métodos de enseñanza que se aplicaron a las materias básicas de la ingeniería y que se caracterizaron por la interdisciplinariedad que había planteado la Universidad como filosofía, desde sus inicios.

Así, los programas de estudio de los primeros años de la Facultad dan cuenta también de estos esfuerzos de crecimiento; en primera instancia, porque la Facultad comenzó ofreciendo cuatro semestres, que poco a poco crecieron a

seis; se implementó la elaboración de un programa detallado por materia que contenía los problemas que se considerarían en el período acad \acute{e} mico, la asignación de lecturas y las fechas específicas de evaluación. También, se estableció un método de estudio que modificó el sistema de cátedra magistral por un proceso de aprendizaje activo centrado en el trabajo del estudiante. En este sentido, se trataba de un sistema de educación fundamentado en el trabajo personal del estudiante y dirigido a la confrontación de resultados con el maestro, más que una cátedra que impartiera conocimiento para la memoria.

Estos elementos representaron el compromiso de la Universidad de los Andes por transformar el sistema de educación superior en el país. Además, eran compartidos con el sistema norteamericano de educación superior, en el marco del convenio que habían suscrito la Universidad de los Andes y la Universidad de Illinois en 1950. La implementación del sistema de cr \acute{e} ditos buscaba garantizar el reconocimiento de las notas obtenidas y de la calidad de las asignaturas cursadas por los estudiantes en Uniandes, que se previó en la creación del “Colegio de Estudios Superiores”, bajo la decanatura de Gustavo Santos. Como señala Carlos Angulo Galvis, frente al sistema de cr \acute{e} ditos, “la Universidad de Los Andes, por su carácter de *Junior College* de los primeros años, lo adoptó prácticamente desde su fundación en 1948. Permitió que los estudiantes que cursaban cinco semestres en los Andes pudieran, mediante

1. El programa “3-2” consistía en cursar 3 años en la Universidad de Los Andes y 2 en una universidad norteamericana. Los Ingenieros se formaban en los Andes en los cursos básicos y en las materias que representaban prerrequisitos para cursar los demás cursos en Estados Unidos.

el reconocimiento de estos estudios, obtener su primer grado profesional, después de cursar cuatro semestres en ciertas universidades norteamericanas”.

Así, el sistema de créditos y promedios ponderados se fundamentaba en que el pénsum de pregrado en Ingeniería debía obedecer a cuatro años de trabajo académico; durante los primeros dos años y medio el estudiante se preparaba en las materias básicas, es decir, en física, matemáticas, dibujo, inglés y humanidades ; mientras que los últimos años se dedicaban a las ciencias aplicadas y dependían de la especialidad y los intereses personales de los estudiantes. Al respecto, Jaime Santamaría-Serrano señala que “la Universidad de los Andes, había diseñado su currículo siguiendo los anteriores criterios, (...) para poder empalmar con el calendario universitario norteamericano”.

De otro lado, bajo la concepción de este sistema de créditos, la Universidad estableció el concepto de semestre académico comprendido por quince semanas de clase y dos semanas de exámenes finales. Se decidió también cuantificar el trabajo del estudiante por horas de clase y horas de estudio, a lo que correspondería el número de créditos requeridos por la materia.

Carlos Angulo Galvis, actual rector de la Uniandes, señala que en la ahora “los créditos se pueden definir en dos formas que son equivalentes: con base en el número de horas semestrales de clase presencial y con base en el número de horas de trabajo del estudiante, que comprende las horas de clase presencial y las horas de trabajo fuera de aula. Comúnmente un crédito requiere una hora semanal de clase presencial y un mínimo de dos horas de trabajo fuera de aula. Un curso de tres créditos requiere así tres horas semanales de clase presencial y seis horas de trabajo fuera de aula”.

En conclusión, las características de este sistema de educación superior —que fue implementado en la Universidad de los Andes unos años después de su fundación y que en su momento representó un gran avance para el sistema de educación superior colombiano— pervive en buena medida en el sistema que actualmente aplica la universidad. En este sentido, los aportes se han centrado, como hemos mencionado ya, en la modificación del método de enseñanza, el establecimiento del sistema de créditos, el cambio del año al semestre, entre otros. ○

{ BIBLIOGRAFÍA }

- [1] D. Arango. *Los primeros diez años de la Universidad de los Andes*. Bogotá: Ediciones Uniandes, 1998, pp. 44.
- [2] E. Aldana. *Parábola del Retorno a los Andes*. Bogotá: Ediciones Uniandes. Edición fotoreproducida, (s.f.), pp.6.
- [3] “Entrevista con Álvaro Salgado”. Mayo de 2008.
- [4] “Prospectos académicos”. *Boletines de Información*. Colegio de Estudios Superiores de la Universidad de Los Andes: 1949-1950.
- [5] C. Angulo Galvis. “Flexibilidad curricular y Créditos Académicos”. Ponencia presentada en el *Primer Encuentro de los Miembros de Conaces*. 8 de octubre de 2004. Fecha de consulta: 15 de Noviembre de 2008.
- [6] “Prospectos académicos”. *Boletines de Información*. Colegio de Estudios Superiores de la Universidad de Los Andes: 1951-1952.
- [7] A. Pinilla. “Experiencia en Uniandes del Crédito Académico”. Villavicencio, Marzo 16 de 2005. Fecha de consulta: 1 de Noviembre de 2008.

Desarrollo del Programa de

DOCTORADO EN INGENIERÍA

en la Universidad de los Andes

La Memoria, que la *Revista de Ingeniería* presenta en este número, recuenta el proceso de constitución del programa de doctorado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, el cual cumple en 2009 una década de formación de profesionales a nivel doctoral.

La Memoria fue escrita a partir de entrevistas realizadas a los profesores Alain Gauthier, Marc Courvoisier, Alberto Sarria Molina, Álvaro Torres Macías y Fernando Jiménez Vargas; y gracias a la investigación de Clara Peña y Paola Estrella.



Rudolf Hommes, exrector de la Universidad de los Andes, quien dio aval para empezar el proceso de acreditación del programade Doctorado ante el Ministerio de Educación Nacional y el ICFES. Foto: Fototeca Universidad de los Andes.



El programa surgió a mediados de la década de los noventa, cuando la Facultad de Ingeniería y la Universidad de los Andes habían logrado consolidarse a nivel nacional, por su calificado cuerpo de profesores (los cuales habían cursado sus estudios doctorales en universidades extranjeras), por sus programas de pregrado, y los de especialización y maestría, los cuales habían sido evaluados internacionalmente. Los Andes “fue la primera institución colombiana en solicitar a la ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) una *equivalencia sustancial* de sus programas, obteniéndola en 1992”.

El doctorado en Uniandes nació como la culminación del proceso de formación del posgrado en ingeniería, iniciado en la década de los 60. Con la puesta en marcha del programa doctoral, además de la experiencia adquirida, era necesario desarrollar nuevas fortalezas, especialmente en la consolidación de la investigación y los medios para desarrollarla, el reconocimiento del programa como una escuela de excelencia altamente competitiva en Colombia y en América Latina, y los mecanismos adecuados de financiación para los postulantes. Lo anterior desembocó en la búsqueda de asesoramiento internacional para que, finalmente, se diseñara un esquema de pênsum y se discutiera su aprobación en el Consejo Directivo de la universidad.

Los comienzos

Las primeras reuniones sobre el tema se dieron en los Departamentos de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, e Ingeniería Civil. Sin embargo, a pesar de los cursos que se habían consolidado en la maestría, los departamentos eran

conscientes de que, en general, en la Facultad “no había el músculo intelectual suficiente para embarcarse en ese programa por su cuenta” . Así pues, se pensaron opciones que buscaran la viabilidad del proyecto; una de ellas fue encausar las relaciones de colaboración con universidades de los Estados Unidos y Francia hacia el tema doctoral, como había ocurrido años atrás con los programas de pregrado en los inicios de la Universidad de los Andes.

En estas primeras reuniones, se discutió la posible organización curricular del programa, en la medida en que, si se partía del hecho de que los estudiantes irían a complementar su formación en el exterior, como se hizo inicialmente en el pregrado, la universidad debía ofrecer cursos de formación y, en especial, seminarios de investigación. Así, comenzó a hacerse popular el término del llamado doctorado “sánduche”, que consistía en un programa de co-tutela internacional en el que se cursaba el inicio del programa doctoral en Uniandes y se finalizaba en una universidad extranjera.

Paralelamente, la Facultad invitó a catedráticos de universidades e institutos de investigación de Francia, particularmente, para que asesoraran a la universidad sobre el tema . Entre ellos, Uniandes recibió la visita del profesor Marc Courvoisier —de la Université Paul Sabatier, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse—, quien fue invitado por Alain Gauthier —hoy Decano de la Facultad de Ingeniería. Lo propio hicieron aquellos profesores que habían estudiado en los Estados Unidos, entre ellos Álvaro Torres, quienes buscaban la participación en el proyecto de las universidades con quienes mantenían contacto .

Las preocupaciones sobre el Doctorado en Ingeniería radicaban también en la recepción del mercado laboral de los nuevos

doctores, en las alternativas de financiación de los estudiantes que debían dedicarse tiempo completo al programa y en los costos de enviarlos al extranjero. Durante este período, se discutieron borradores de propuestas, se establecieron los modelos del pênsum y se consideraron diferentes reglamentos de doctorado, cuyo fin debía ser establecer con claridad los objetivos y la organización general del programa, su duración, los requisitos de ingreso y las funciones del Comité Académico.

Este proceso se llevó a cabo durante la rectoría de Arturo Infante y la decanatura de Alberto Sarria. Y, aunque el proyecto era aún embrionario, en ese momento se dieron los primeros pasos para la consolidación del programa, que tuvo lugar en los cinco últimos años de la década de los noventa. Así mismo, vale la pena señalar que fue durante este período, y como consecuencia de la preparación para la acreditación ABET y el apoyo de la Universidad de Illinois, que se hizo posible la voluntad colectiva de hacer realidad el programa doctoral.

La consolidación

Marc Courvoisier recuerda que, durante los años de gestación del proyecto, estuvo en varias reuniones y en permanente comunicación con los profesores de la facultad ; pero que, sin duda, fue decisoria la reunión que tuvo con Alberto Sarria, Alain Gauthier y el entonces rector Rudolf Hommes. Ese día discutieron



sobre las perspectivas del programa y, finalmente, el rector dio vía libre para empezar el proceso de acreditación del programa ante el Ministerio de Educación Nacional y el ICFES.

Posteriormente, durante la decanatura de José Tiberio Hernández, quien sucedió a Alberto Sarria, se elaboró un documento que presentaba ante el Consejo Directivo de la Universidad de los Andes las directrices generales del proyecto de doctorado; el documento fue bien recibido y surgieron mensajes de apoyo tanto de su presidente, el doctor Diego Pizano, como de otros de sus miembros. Empero, ahora la Universidad tenía la preocupación sobre las condiciones en que se instauraría el Doctorado pues consideraba indispensable que este proyecto impulsara la política de posgrado en el país y que, a su vez, se enmarcara dentro de la misma.

Oficialmente, el programa comenzó en 1998 con la aprobación del Reglamento de Doctorado en Ingeniería de la Universidad de los Andes, con la Resolución Número 2418 del 13 de Julio de 1998 del Ministerio de Educación Nacional. Para entonces, los dos primeros egresados del naciente doctorado se habían vinculado, años antes, con la universidad, bien como profesores o como estudiantes de la Maestría en Ingeniería Eléctrica. Ambos, Mario Ríos y Fernando Jiménez —egresados en 1998 y 2000, respectivamente, y ahora profesores de la facultad— fueron cobijados bajo el régimen del doctorado de co-tutela internacional con universidades de Francia: Ríos con el INPG - Institut National Polytechnique de Grenoble y Jiménez con INSA - Institut National Des Sciences Appliquees.

Álvaro Torres señala que los siguientes retos del doctorado consistieron en generar las condiciones para que el programa ya no fuera en co-tutela sino que se brindara en su totalidad por la Universidad de los Andes. Con el paso del tiempo y con la generación de nuevas perspectivas de investigación,

se han abierto caminos para que esto suceda. De hecho, en la actualidad, el programa se ofrece completo en Uniandes y se establece como requisito una pasantía de ocho meses en una universidad en el exterior.

Esto ha permitido que, el número de estudiantes vinculados al programa doctoral de la Facultad de Ingeniería haya aumentado considerablemente: hay 53 estudiantes inscritos a mayo de 2009. Además, al día de hoy, el programa ha graduado a 22 doctores, quienes se desempeñan como profesores, consultores e investigadores, dentro y fuera del país. Han sido indispensables para el correcto desarrollo del programa las mejoras en infraestructura que ha hecho la facultad, ayer con los laboratorios del antiguo edificio W y hoy con los del edificio Mario Laserna; igualmente, la posibilidad de contar tanto con recursos de primera línea (bibliotecas, bases de datos, etc.) como con la fortaleza institucional de la Universidad de los Andes, tal como lo señala Marc Courvoisier. Así mismo, se han concretado pasantías con países como Estados Unidos, Bélgica, Inglaterra, Francia, Alemania, Canadá, España y Chile, entre otros.

A pesar de no haber sido el primer programa de Doctorado en Ingeniería del país (título que ostenta la Universidad Nacional de Colombia, pues obtuvo su aprobación en 1991) y de haberse gestado casi paralelamente con el de la Universidad del Valle (cuya aprobación se dio también en 1998), el programa de la Universidad de los Andes ha iniciado la consolidación de una escuela doctoral en ingeniería en Colombia (que ahora se afianza con los doctorados ofrecidos por la Universidad de Antioquia, la Universidad del Cauca, la Universidad Industrial de Santander, entre otros), durante una época en la que el país era poco consciente de la importancia de formar a sus profesionales en todos los niveles académicos y la empresa no había despertado su interés por contratar doctores en ingeniería.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Duque. La formación de Ingenieros en Colombia. Documento preparado para la “Reunión técnica Iniciativa Hemisférica en Ingeniería para las Américas”. 26 y 27 de agosto de 2004, Sede de la OEA – Salón Rubén Darío (890), 1889 F Street, N.W., Washington, D.C. Bogotá: Uniandes - Documento técnico.
- [2] Entrevista con Alberto Sarria Molina. Mayo de 2009. Archivo Revista de Ingeniería.
- [3] Entrevista con Alain Gauthier y Marc Courvoisier. Mayo de 2009. Archivo Revista de Ingeniería.
- [4] Entrevista con Álvaro Torres Macías. Mayo de 2009. Archivo Revista de Ingeniería.
- [5] Entrevista con José Fernando Jiménez Vargas. Mayo de 2009. Archivo Revista de Ingeniería.
- [6] Resolución Número 2418 del 13 de Julio de 1998 del Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia.
- [7] J.C. Briceño. “Doctorado en Ingeniería. Estado actual y perspectivas”. Conferencia. 12 de mayo de 2009.
- [8] “Programa de Doctorado en Ingeniería”. Universidad Nacional de Colombia. Fecha de consulta 15 de julio de 2009.
- [9] “Programa de Doctorado en Ingeniería”. Universidad del Valle. Fecha de consulta 15 de julio de 2009.

PROGRAMA 3-2:

Innovación educativa en ingeniería

Cuando Mario Laserna, uno de los fundadores de la Universidad de los Andes, pensó en la posibilidad de crear una universidad tuvo claro que quería apostarle a un nuevo modelo educativo. En ese momento, las pocas universidades que había en Colombia, y que enseñaban ingeniería, seguían el modelo europeo pero, después de la Segunda Guerra Mundial, Europa había quedado devastada y era necesario mirar hacia otro lado. Laserna decidió hacerlo hacia Estados Unidos y ahí empezó la aventura de armar una nueva forma de educar a los colombianos. En esta ocasión, la *Revista de Ingeniería* quiere recordar esa historia de los inicios de la carrera de ingeniería en Uniandes.



Argelino Durán, Roberto Arenas, Mario Laserna, Eduardo Aldana, Álvaro Salgado y el párroco Juan Jaramillo, en la celebración del vigésimoquinto aniversario de la fundación de Uniandes.

La memoria fue escrita por María Paula Méndez Penagos a partir de entrevistas realizadas a Eduardo Aldana, Carlos Amaya y Álvaro Salgado.

Fuente: Fototeca Universidad de los Andes.



PROGRAMA 3-2:

Innovación educativa en ingeniería

Arriba (de izquierda a derecha): Leonel Parra, Juan Antonio García, Álvaro Duarte, Fernando Acosta, Dieter Wild, Urbano Ripoll, Alberto Schotborgh, Enrique Castro. Abajo (de izquierda a derecha): Franz von Hildebrand, Eduardo Aldana y Henri Yerly.

Fuente: Archivo particular, Universidad de los Andes.



Inicialmente, según se puede deducir del primer catálogo de carreras que ofrecía la Universidad de los Andes, se tuvo la idea de que los estudiantes de ingeniería cursaran la carrera completa en Colombia. Sin embargo, hacia 1950, cuando los estudiantes de ingeniería iban en su segundo año de estudios, las directivas se dieron cuenta de que no contaban ni con los recursos económicos ni con las instalaciones físicas para garantizar el desarrollo completo y de calidad de la carrera en el país. Por esta razón, acudieron a personas generosas que querían hacer parte de este nuevo proyecto educativo, brindando su apoyo en lo que fuera necesario, para que los ayudaran a encontrar una solución.

La señora Evelyn de Suárez, una mujer estadounidense que había quedado encantada con la nueva universidad, fue la primera en dar su voto de confianza a esta gran empresa. Al conocer los problemas de liquidez y de infraestructura de la Universidad, sugirió enviar a los futuros ingenieros a Estados Unidos para que pudieran culminar sus estudios allí. Como vivía en Chicago, logró hacer el contacto con la Universidad de Illinois y ayudó económicamente, en los primeros años, a los estudiantes que viajaban a ese país a completar sus estudios.

A partir de este contacto, Laserna pudo entrevistarse con el decano de Ingeniería de la Universidad de Illinois y hablarle de su proyecto. Según cuenta Eduardo Aldana, el decano dijo “mande a esos muchachos y yo los recibo con los que van en tercer año. Si les va bien, les mando una carta de felicitación; si les va mal, ese es su problema” (Aldana, comunicación personal, 5 de junio de 2015). Estaba claro, la Universidad de los Andes era quien debía preocuparse por lograr que sus estudiantes pudieran hacer el empalme en Illinois sin ningún problema. Tal como lo

afirma Carlos Amaya, “el acuerdo de transferencia implicaba compromisos en la estructura del programa en Colombia para que los dos años y medio iniciales aquí permitieran la transferencia allá a nivel de tercer año con los requisitos de inglés y de materias como matemáticas, física, química y humanidades” (Amaya, comunicación personal, 4 de junio de 2015).

El objetivo con esta alianza académica era lograr que los estudiantes uniandinos hicieran sus primeros cinco semestres en Colombia y viajaran a Estados Unidos para hacer cuatro semestres más y así, obtener el grado de ingenieros. Se trataba de implementar el modelo de los *junior colleges* —hoy, *community colleges*— característicos de aquel país. Allí los estudiantes que salían del colegio veían materias comunes a todas las carreras y después se iban a instituciones universitarias a culminar sus estudios profesionales. Por aquel entonces, esta era la única forma en la que Uniandes podía graduar ingenieros con la calidad académica que se buscaba.

Así nació el programa 3-2 de transferencia académica en ingeniería, en el cual, los estudiantes permanecían tres años en Colombia y luego, se iban a terminar su carrera en dos años más en Estados Unidos. Gracias a este convenio, obtenían la doble titulación pues, recibían tanto el diploma de la Universidad de los Andes como el de una universidad en Estados Unidos. Inicialmente, el convenio fue con la Universidad de Illinois pero, más adelante, por la alta demanda de estudiantes, se



PROGRAMA 3-2:

Innovación educativa en ingeniería

amplió a universidades como Pittsburgh, Texas, Notre Dame, Massachusetts Institute of Technology (MIT), entre otras.

En esos años, los profesores que ayudaron en Uniandes a la enseñanza de las ciencias básicas y del inglés fueron, en su gran mayoría, europeos que llegaron a Colombia huyendo de la guerra, como por ejemplo, Juan Horvath, Franz von Hildebrand y Ferenc Vajta. Había también profesores que ya estaban en Colombia y se unieron a la causa uniandina como el caso del profesor de matemáticas, Henri Yerly, quien dictaba clases en el Gimnasio Moderno y en la Universidad Nacional, y decidió acompañar a los Andes en su evolución.

La enseñanza en Colombia se basó en una formación integral en la que el protagonista era el estudiante. Como dice Salgado “las clases estaban para resolver las dudas, no para generarlas” (Salgado, comunicación personal, 3 de junio de 2015). Los estudiantes aprendían a preparar las clases por su cuenta y esto les ayudó mucho cuando llegaron a Estados Unidos pues, como lo recuerda Aldana “nosotros llegábamos mucho mejor preparados para hacer las cosas de manera independiente; en eso les llevábamos ventaja a los norteamericanos”.

Igualmente, el estudio del inglés era fundamental, había clases todos los días para aprender el idioma. Salgado cuenta que “hicimos un gran énfasis en el inglés, de manera que quienes no pasaran los cursos de inglés no podían irse. Afortunadamente teníamos la ventaja de que los textos de las demás materias eran en inglés, entonces eso ayudaba” (Salgado, comunicación personal, 3 de junio de 2015). Sin embargo, Aldana comenta que

“uno llegó a aprender inglés fue allá, cuando ya le tocaba hablar todo el tiempo y llegó a un punto en que pudo pensar en inglés”. Evidentemente, una cosa era estudiar las reglas gramaticales y saber estructurar frases en inglés pero, otra muy distinta era tener que hablarlo para poder sobrevivir en el extranjero.

La financiación no supuso mayor problema para los estudiantes, ya que, como se expuso anteriormente, la señora de Suárez fue muy generosa con la Universidad y apoyó en cuanto pudo a los uniandinos. Más adelante, con la creación del Instituto Colombiano de Crédito Educativo y Estudios en el Exterior (ICETEX), se abrió un fondo con el que los estudiantes de los Andes pudieron financiar sus estudios en el exterior con el compromiso de que a su regreso pagarían la deuda. Con el dinero que ellos pagaban, ayudaban a otros compañeros que querían hacer lo mismo que ellos. Además de la matrícula, el ICETEX le daba una mensualidad de 150 dólares a cada uno para alimentación, vivienda y demás gastos. Es importante resaltar que el costo de la matrícula no era muy alto. El convenio que Laserna había hecho con las universidades norteamericanas contemplaba que el valor a pagar fuera el mismo que se les cobraba a los estudiantes que vivían en el estado correspondiente. Generalmente, en Estados Unidos las universidades cobran un valor de matrícula para quienes viven en el mismo estado y otro diferente para aquellos que son de fuera; este valor suele ser un poco mayor.

Los resultados obtenidos con este programa fueron muy buenos. Quizás lo más importante que se logró fue abrir el panorama en ingeniería a los estudiantes. Mientras que las universidades en Colombia solo ofrecían la carrera de ingeniería civil, en Estados



PROGRAMA 3-2:

Innovación educativa en ingeniería

Unidos los estudiantes podían elegir entre distintas especialidades tales como: eléctrica, química, mecánica, industrial, entre otras. A su regreso al país le podían aportar mucho a las grandes empresas desde sus distintos campos de acción. Amaya resume el aporte de este programa en lo siguiente “fue una manera importante de vincular más al país, de sacarnos de nuestras fronteras”. Eso era justo lo que Mario Laserna había querido, lograr que las nuevas generaciones se formaran con una visión de mundo diferente, conociendo otras culturas, otras formas de pensar.

Hacia 1958, dada la gran acogida que había tenido el programa de ingeniería en la Universidad de los Andes, se pensó en ampliar la Facultad. Las razones eran básicamente tres, según relata Aldana, protagonista de esta etapa de expansión: “primero, aquellos que habíamos regresado de Estados Unidos y nos habíamos incorporado a la planta profesoral de Uniandes queríamos dictar cursos avanzados de ingeniería, dada nuestra experiencia en distintos campos gracias al estudio en el exterior; segundo, algunos ya teníamos la visión de convertir a los Andes en una universidad con las características de las universidades norteamericanas; tercero, el costo de los estudios en Estados Unidos había aumentado y los estudiantes en los últimos años regresaban con deudas altas y difíciles de pagar”.

Era una decisión complicada porque como lo asegura Salgado “una vez que nosotros decidiéramos dar la carrera completa en Colombia, en ese momento, le decíamos adiós a nuestra dependencia de Estados Unidos con todo lo que eso significaba”.

Era enfrentarse a sacar adelante algunas especialidades en ingeniería, que hasta ese momento eran desconocidas en el país, con el compromiso de hacerlo a la altura de las mejores universidades de Estados Unidos. Era un reto que la Universidad de los Andes estaba dispuesta a afrontar. Para ello, fue necesario esperar a que algunos de los estudiantes que se habían ido al exterior regresaran y pusieran sus conocimientos al servicio de la universidad que les había dado la oportunidad de abrir sus horizontes.

Finalmente, en 1964 se logró ofrecer el cuarto año de la carrera de ingeniería en la Universidad de los Andes con tres especialidades: civil, mecánica y eléctrica. Al año siguiente, se hizo lo mismo para la rama de ingeniería industrial. En este proceso fue fundamental la ayuda brindada por instituciones como la Universidad de Illinois y MIT. Gradualmente, se fueron incorporando los programas de ingeniería de sistemas, química, ambiental, electrónica y, más recientemente, biomédica, hasta constituir la actual Facultad de Ingeniería. ○



Eduardo Aldana, Andrés Uribe y Carlos Amaya.
Fuente: Archivo particular, Universidad de los Andes

EL MODELO PEDAGÓGICO

de Los Andes en los años cincuenta,
de disruptivo a ejemplar

Álvaro Salgado Farías, exrector y primer decano de la Facultad de ingeniería de la Universidad de los Andes, relató para la *Revista de Ingeniería* detalles sobre los inicios del método de enseñanza Uniandino y su posterior adopción en el sistema colombiano de educación superior.

La Memoria fue escrita por Silvia Estefanía Gamba, basado en la entrevista hecha a Álvaro Salgado Farías, por parte de Eduardo Aldana Valdés y Antonio García Rozo.



Álvaro Salgado Farías, exrector y primer decano de la Facultad de ingeniería de la Universidad de los Andes. Foto: Andrés Gómez.



EL MODELO PEDAGÓGICO

de Los Andes en los años cincuenta, de disruptivo a ejemplar

Sistema de créditos, semestres académicos, cronogramas de lecturas, recomendaciones bibliográficas, notas complementarias, problemas a resolver por un estudiante autónomo y un profesor que resuelve inquietudes. Aunque parezcan los elementos básicos del modelo pedagógico que prima actualmente en cualquier institución de educación superior del país, ésta fue realmente la fórmula básica que – durante la década del cincuenta– hizo del método de enseñanza de la Universidad de los Andes un modelo revolucionario e inicialmente altamente criticado por sus pares pero que, rápidamente, se convirtió en un ejemplo a seguir.

Álvaro Salgado Farías, –quien además de desempeñarse como rector de Los Andes durante los años 1971 y 1972, fue el primer decano de la Facultad de Ingeniería– explica por qué en su momento el modelo propuesto por la Universidad era considerado disruptivo: “En Colombia primaba un sistema educativo básicamente escolástico, heredado de Europa. Nosotros nos independizamos de ese esquema Franco-español de la clase magistral y nos ceñimos por el modelo americano, que era todo menos clerical”.

Aparentemente sencillo, el método de enseñanza funcionaba bajo unas lógicas completamente alejadas de las imperantes para la época: a diferencia del sistema tradicional en el que el proceso pedagógico giraba en torno al profesor, en este era el estudiante quien se encontraba en el epicentro del sistema.

Un modelo enfocado en la autonomía del estudiante

En palabras de Salgado, “para aquello que el estudiante puede entender por sí mismo, sobra el profesor. Pero es indispensable para lo que éste no puede comprender”. Y de ese precepto se derivaba todo el método en el cual era imprescindible que el estudiante se preparara previo al desarrollo de la clase. Por lo tanto, era necesaria una precisa planificación curricular de cada una de las materias por parte del profesor, programación que –además de los contenidos a abordar– incluía en detalle las lecturas que debían hacer los estudiantes y un planteamiento de problemas a resolver teniendo en cuenta la teoría contenida en el libro guía.

El libro de texto fue precisamente uno de los criterios base con los que se concibió el método de Los Andes. Brindar al estudiante una guía teórica completa que le evitara la necesidad de tomar apuntes durante la clase era imperativo, máxime en un contexto en el que la prioridad era que –con orientación del profesor y en un ambiente de construcción de conocimiento conjunto– los estudiantes resolvieran sus dudas frente a los problemas previamente planteados. La justificación no era nada distinta a que mientras los estudiantes escribían sus propias notas, podían distraerse u obviar aspectos importantes, los cuales bien podían estar consignados en un libro editado y revisado por una o más personas con conocimientos lo suficientemente sólidos y afianzados frente al tema específico que se enseñara.

No obstante lo anterior, había una conciencia clara de que algunos de los contenidos de estos libros guía iban perdiendo vigencia y que era posible complementarlos para así agregar valor tanto al proceso de enseñanza como al de aprendizaje; por lo tanto, junto con el cronograma exacto de cada la clase y el texto guía, el profesor entregaba a los estudiantes sus notas personales frente al tema que se abarcaría.

La concepción de la teoría, no como algo que debía ser memorizado, sino como un vehículo que posibilitaba la resolución de problemas prácticos, facilitó la implantación del modelo pedagógico Uniandino. “Para resolver los problemas planteados, los estudiantes debían remitirse a la teoría, estudiarla de acuerdo a las indicaciones del cronograma de estudio y asistir posteriormente a la clase con los ejercicios resueltos e, idealmente, con dudas frente a las lecturas y los problemas”, argumenta Salgado.

Esta dinámica convertía a la clase en un espacio de interacción, diálogo y construcción conjunta de soluciones entre el profesor y sus estudiantes. Contrario al modelo educativo imperante para la época, la clase no era propiamente un ejercicio magistral que tenía como eje central al profesor, sino que eran los estudiantes quienes, a través de sus



EL MODELO PEDAGÓGICO

de Los Andes en los años cincuenta, de disruptivo a ejemplar

inquietudes y apropiaciones individuales de la teoría, hacían una puesta en común de la manera en que habían resuelto sus ejercicios y el docente respondía a las dudas, indicaba las fallas que habían cometido durante el proceso de resolución de los problemas y complementaba la teoría del libro guía.

Pero no solo la clase era diferente, también lo era la manera de evaluar, “aunque no todos, muchos profesores hacíamos los exámenes con el libro abierto. Nunca fue de nuestro interés que los estudiantes memorizaran la teoría o las fórmulas, sino que aprendieran a usarlas para resolver problemas” comenta Salgado, explicando también que esta dinámica era que la posibilitaba forjar a un estudiante autónomo, el cual adquiriría la teoría, la ponía en práctica en la resolución de los ejercicios propuestos y, poco a poco, se iba independizando del profesor y quedaba preparado para estudiar por sí solo.

“Era un método de enseñanza totalmente diferente con el que se buscaba la autonomía del estudiante al punto que, una vez graduado y en el ejercicio profesional, jamás respondería que no podía hacer algo porque no se lo habían enseñado en la universidad, sino que buscaría un libro y el concepto de un colega para resolver un problema” enfatiza Salgado.

Orígenes del modelo

Contrario a las críticas de algunas de sus universidades pares en el país que enseñaban también Ingeniería, el de Los Andes no era un modelo pedagógico caprichoso, de hecho, en aquel momento no era nada diferente al resultado de la estrategia

establecida desde su misma fundación: ofrecer a los estudiantes la posibilidad de empezar su carrera en Colombia y terminarla en universidades estadounidenses de gran prestigio, como la Universidad de Illinois y, posteriormente, la de Pittsburgh.

Naturalmente, si el propósito era preparar a los estudiantes para que completaran sus estudios en Estados Unidos, el modelo pedagógico debía ser el mismo o, al menos, similar al del país norteamericano. Por lo tanto, para Los Andes no era una opción preservar aquel modelo franco-español al que se refería Salgado, el cual era predominante en la educación superior colombiana y había sido fervorosamente adoptado por instituciones como la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá y la Escuela Nacional de Minas en Medellín.

“Ese era el atractivo de la Universidad de los Andes y lo que le daba una gran reputación: que los estudiantes se iban a Estados Unidos y llegaban graduados de allá, incluso con posgrado” sostiene Salgado. Evidentemente, para que estos pudieran acoplarse a la vida académica americana, el mayor esfuerzo debía concentrarse en facilitar esa transición desde Colombia; por lo tanto, era preciso adaptar los currículos, las metodologías de enseñanza y aprendizaje, los promedios, créditos y prerrequisitos, y no menos importante: el tiempo.

La propuesta Uniandina referente a ciclos de tiempo distintos al tradicional sistema anual resultaba sencillamente inconcebible. Sin embargo, la necesidad de acoplarse en la mayor medida posible al modelo estadounidense no era negociable y para lograrlo, Los Andes implantó un sistema de estudio semestral que se ajustaba a los requerimientos norteamericanos. “Desde el principio nos propusimos seguir el método americano, tanto

con créditos, como con materias, currículos y todo lo demás. Incluso usábamos los mismos textos que consultaban allá porque no podíamos permitirnos que hubiera un desbalance en la transición Colombia – Estados Unidos. El proceso debía ser perfecto”, comenta Salgado. El sistema de créditos y prerrequisitos fue implantado por primera vez en 1957 en la Facultad de Economía por parte de su decano Jorge Luis Lara y rápidamente Eduardo Aldana Valdés hizo lo propio en Ingeniería.

Dicha semestralización venía igualmente de la mano de una considerable reducción del tiempo de carrera, pues en Estados Unidos el tiempo total de un programa de pregrado era de cuatro años, mientras en Colombia era de seis. La sola idea resultaba tan descabellada en el momento que, según relata Salgado “en otras universidades nos decían que estábamos formando ‘teguas’ y no ingenieros”. Pero este concepto innovador reposaba precisamente en el ideal del estudiante independiente quien, por cada hora de clase en la Universidad, debía cumplir con dos horas adicionales de trabajo autónomo en su casa. Y esa fórmula básica que adoptó Los Andes es lo que hoy se reconoce como el sistema de créditos, ampliamente interiorizado en todas las universidades del país. ○





3

Contenidos

MODERNIZACIÓN de la Ingeniería

· Capítulo 3 ·

LA VOCACIÓN INNOVADORA

de la Facultad

Desde sus inicios la Universidad de los Andes ha tenido una decidida vocación de innovar y de modernizar, tanto en las prácticas pedagógicas como el en ejercicio de las diferentes disciplinas. Pareciera como si aquella famosa frase atribuida Alan Key según la cual “la mejor manera de predecir el futuro es inventárselo” inspirara la acción de la institución desde sus inicios. En el caso de la Ingeniería podemos encontrar algunos ejemplos de ello.



Por: Francisco Rueda Fajardo

Ingeniero de Sistemas. Profesor honorario de la Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.

Cuando apenas estaban ingresando los primeros computadores al país y todavía los ingenieros se preguntaban para qué podrían servir esas potentes calculadoras (la palabra computador no es más que un anglicismo que ha perdurado hasta nuestros días) profesores de Los Andes planteaban su posible utilización en áreas como el diseño de carreteras, el análisis de estructuras, o la planeación de construcciones, la cual ya en ese momento representó grandes ventajas para las empresas. Inmersos en la cultura tecnológica en que nos encontramos, esos desarrollos nos parecen normales, pero en esa época había muchas dudas sobre estos artefactos y aún algunos consideraban que estas máquinas le iban a hacer un gran daño a la humanidad, por lo que las propuestas parecían muy atrevidas. Es un primer ejemplo de innovación en el sentido moderno del término que se refiere al proceso de transformar ideas en algo que genere valor para los individuos o las empresas, en este caso, para la práctica de la ingeniería.

Además de lo anterior, la Facultad fue pionera en Colombia en la investigación y aplicación de métodos de computación electrónica en la operación de sistemas eléctricos de potencia. Fue así como se desarrollaron para Corelca soluciones computacionales que permitían realizar el análisis y optimización de la red en las diferentes plantas térmicas ubicadas en la región de la Costa Atlántica, así como minimizar sus costos de operación. Estos constituyeron un avance importante con respecto a los programas comerciales existentes en la época.

Pero ese impulso innovador no se redujo a las aplicaciones mencionadas. Unos años más adelante, la Universidad, con la inspiración de unos directivos y profesores soñadores le planteó al gremio académico de la ingeniería –bastante escéptico en ese momento– la creación de una carrera que tuviera como eje central el computador. Con el transcurso del tiempo se pudo constatar que esta idea pionera tenía un enorme potencial, pues los computadores se volvieron omnipresentes e impactaron todos los sectores de la sociedad, incluyendo, por supuesto, el ejercicio de la ingeniería.

Por los mismos años en que ocurrían los sucesos anteriores, cuando el uso de los computadores digitales para resolver problemas complejos era un lujo y, además, estos artefactos tenían grandes limitaciones de tiempo y memoria, en



la Universidad de los Andes se realizaba otra innovación, que aunque no pasó del ámbito académico, fue muy inspiradora y sirvió para plantear métodos novedosos de resolución de ecuaciones diferenciales a través del computador análogo. Esto dio lugar a proyectos experimentales en bioingeniería, para la simulación de las oscilaciones del corazón, y en economía para el estudio de los modelos económicos que tuvieran analogía con la teoría de control. Hoy en día los computadores análogos son, en gran parte, cosa del pasado, pero su uso para resolver ecuaciones diferenciales representó en su momento una gran novedad.

Más adelante se gestó otra innovación ligada a la computación, que fue la introducción de Internet en el país. Cuando nadie hablaba de estos temas en nuestro medio, desde Los Andes, por iniciativa de profesores que deseaban tener una mayor comunicación con otros centros académicos, con el apoyo invaluable del Centro de Cómputo, se dieron los primeros pasos para conectar primero diferentes dependencias de la institución, después para comunicarse con otros centros académicos en Colombia y, finalmente, para obtener un dominio que permitiera el uso generalizado de Internet en el país. De esa manera se introdujo en Colombia una de las tecnologías que más impacto ha tenido en la sociedad.

Otra innovación digna de mencionar es el uso de la supercomputación, la cual le permitió a las diferentes disciplinas, entre ellas la ingeniería, realizar proyectos que antes no eran viables, a través de potentes computadores instalados en la institución. Esta iniciativa evolucionó más adelante hacia el proyecto de “grid computing” que condujo a que en las diferentes facultades se contara con una capacidad de cómputo ilimitada al juntar los recursos computacionales de la Universidad con los de otras instituciones partícipes de la red. Pero lo más importante de

la iniciativa fue la creación en los estudiantes, y través de ellos en el medio, de una cultura del uso de la supercomputación en los grandes proyectos de ingeniería.

Otro hito importante en la práctica de la ingeniería en Colombia lo constituyó el uso del Método del Camino Crítico (*Critical Path Method* o CPM) para la planeación, la programación y el control de obras, que fue liderado por profesores de la Universidad. Su uso en la construcción del edificio Martín del Corral y en el edificio de Avianca permitió comprobar sus grandes beneficios (detectar dificultades, causas de atrasos, secuencias mal planeadas, actividades mal programadas, y otras anomalías, permitiendo así tomar decisiones encaminadas a cumplir con los plazos de entrega o a procurar que los atrasos fueran controlados). Más adelante se realizaron experiencias similares con el mismo éxito en otros proyectos como Termozipa y Telecom Niza, en una época en que el método era novedoso y no estaba en uso en el país. Lo anterior estuvo acompañado de la enseñanza de este método en las aulas de clase, para generar así una mayor difusión del mismo. Con el paso del tiempo el uso del Método del Camino Crítico se incorporó de un modo natural en el proceso de la construcción en Colombia.

El inicio de la rama de la Ingeniería Sísmica en el país, la cual reviste tanta importancia hoy en día, es obra del profesor Alberto Sarria (es imprescindible citar su nombre aquí) y de su preocupación por llevar este tema al desempeño profesional de la ingeniería. Él fue el pionero en la introducción en los currículos de cursos relacionados con el análisis dinámico de las construcciones sujetas a una fuerza aleatoria que las sacude, como es el caso de Dinámica de Suelos, Dinámica de Estructuras e Ingeniería Sísmica. Pero sus iniciativas no terminaron allí. Junto con otros colegas crearon en la Universidad la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, desde la cual se generaron proyectos tan importantes como

**MÁS ADELANTE
SE GESTÓ OTRA
INNOVACIÓN LIGADA
A LA COMPUTACIÓN,
QUE FUE LA
INTRODUCCIÓN DE
INTERNET EN EL PAÍS.**



A PESAR DE CUBRIR ÁREAS MUY DIVERSAS, HAY UN HILO CONDUCTOR EN TODAS LAS INICIATIVAS: LA VOCACIÓN INNOVADORA Y EL DESEO DE CONTRIBUIR A LA SOLUCIÓN DE LOS GRANDES PROBLEMAS DE LA INGENIERÍA EN EL PAÍS.

la redacción de normas para el diseño sísmo resistente de construcciones (que más adelante se concretaría en el Código Colombiano de Construcciones Sísmo Resistentes) y la creación de la Red Sísmológica Nacional, la cual fue construida con la asesoría de Los Andes (en cabeza del profesor Sarria). Además, después del terremoto de Popayán, Sarria junto con otros profesores y colegas realizaron la primera microzonificación sísmica del país y quizás de Suramérica. Todas las iniciativas mencionadas son una buena muestra de lo que se puede hacer desde la universidad en beneficio del país y de la ingeniería.

Otras de las áreas en las que la Universidad hizo aportes importantes a la práctica de la ingeniería en el país son los de la hidrología y la hidráulica. A raíz de la creación del Centro de Estudios Técnicos e Investigaciones Hidráulicas (CETIH) en la década del sesenta, proyecto que contó con el apoyo del Laboratorio de Hidráulica de Delft en los Países Bajos, no solo se mejoraron las facilidades de docencia e investigación para la Facultad de Ingeniería en los temas de hidrología e hidráulica, sino que también se generaron proyectos de investigación aplicada con entidades del sector externo para la realización de modelos físicos a escala. Fue así como se hicieron modelos del Canal del Dique, el río Chenche, el río Bugalagrande, la represa del Sisga, el Laguito-Cartagena, el río de Oro y el acueducto de Armenia, entre otros. Y más adelante se hicieron los modelos físicos de los proyectos hidroeléctricos de Betania, Guavio, Porce II, Porce IV y el embalse del Muña. Este tipo de proyectos contribuyeron a sentar las bases para el aprovechamiento juicioso de los recursos hídricos. Esta experiencia condujo a otras universidades a hacer investigación aplicada en estos temas, y sirvió como semilla para que varios de los investigadores que trabajaban en el laboratorio fundaran sus propias compañías de consultoría

que fueron muy reconocidas y contribuyeron de manera importante al desarrollo de la hidráulica en el país. Después los modelos físicos fueron reemplazados por los modelos computacionales y el CETIH desapareció pero la hidráulica sigue siendo un tema importante de investigación en la universidad.

El tema de las tecnologías apropiadas surgió en la Facultad por iniciativa de los profesores en el contexto de la crisis energética de los años setenta. Se creó entonces un movimiento cuyo objetivo era desarrollar energías renovables basadas en recursos naturales, teniendo en cuenta las soluciones más apropiadas para cada región, dependiendo de sus características y buscando que fueran amigables con el medio ambiente. Surgieron muchas iniciativas relacionadas con temas como el desarrollo de microcentrales, molinos de viento, sistemas de riego y calentadores solares, así como el uso de productos orgánicos para motores de combustión, los cuales demostraron viabilidad técnica, pero no necesariamente económica. El tema se trabajaba no solo a nivel práctico, con las comunidades, sino que involucraba de manera activa al medio académico: los estudiantes planteaban la idea, trabajaban sus proyectos en la universidad y, finalmente, eran contratados para implementarlos. Es muy llamativo que muchas de las ideas propuestas en esa época con respecto a las tecnologías apropiadas tengan tanta vigencia hoy en día.

A pesar de cubrir áreas muy diversas, hay un hilo conductor en todas las iniciativas mencionadas, la vocación innovadora y el deseo de contribuir a la solución de los grandes problemas de la ingeniería en el país.

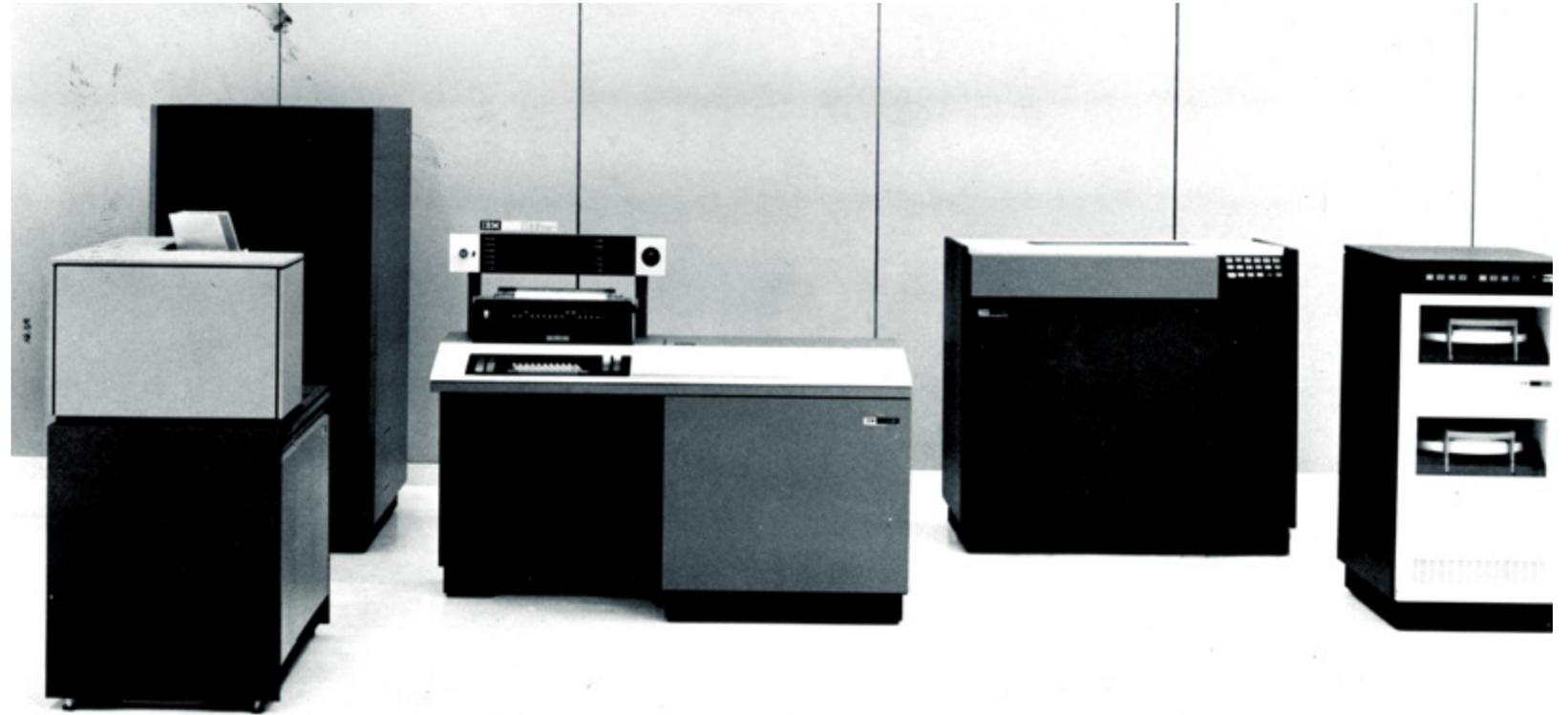
En esta sección se describirán, de la mano de quienes las lideraron, los detalles de las iniciativas mencionadas: sus orígenes, sus protagonistas, sus desarrollos más importantes y el impacto que tuvieron en el país. ○



DEL 650 AL 360: LOS PRIMEROS COMPUTADORES

de la Facultad de Ingeniería

Por los mismos años de la regla de cálculo, la “caja de matemáticas”, la tabla de logaritmos, el díngrafo y la Friden, llegaron a la Universidad de los Andes cuatro inmensas máquinas. Las décadas del sesenta y setenta recibieron a “650”, “1620”, “1130” y “360”: primeros computadores de la Facultad de Ingeniería.



Computador IBM 1130. Foto: Germán Tellez, Fototeca de la Universidad de los Andes.

Del 650 al 360:

los primeros computadores
de la Facultad de Ingeniería



El 650, o la 650 teniendo en cuenta que se le conocía cariñosamente como Dora, fue la primera computadora que se instaló en una universidad colombiana. Después de estar al servicio de las operaciones de la industria cervecera en Bavaria, el 650, primer computador de propósito múltiple fabricado entre 1953 y 1954, fue donado a la universidad por la IBM.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes era en ese entonces uno de los grupos de América Latina apoyados por el Programa Interamericano de Ingeniería Civil de MIT que vio la instalación de la máquina en Colombia como perfecta ocasión para dictar un curso de Ingeniería Civil basado en computador. Con la presencia de profesores y estudiantes de doctorado y maestría de MIT y un curso sobre aplicación de computadores al diseño de carreteras, se inauguró entonces en junio de 1963 el primer computador al servicio de la educación en Ingeniería en Colombia. Un consorcio de universidades en Medellín (la Escuela de Minas, la Universidad de Antioquia y la Universidad Pontificia Bolivariana) que había recibido también un 650 por parte de la IBM, terminó su instalación en septiembre del mismo año.

El 650 era un enorme aparato con una memoria magnética fija de 2 k posiciones, lo que corresponde a un 0,0007 % de la memoria de un computador actual. Hernando Durán lo recuerda como “un gran armario metálico de más de dos metros de altura, de la era pre-transistórica; lleno de cientos de tubos electrónicos de vacío y multitud de componentes eléctricos conectados por miles de metros de cable de distintos colores; con una fachada compuesta por una hilera horizontal

Del 650 al 360:

los primeros computadores
de la Facultad de Ingeniería

de pequeños y titilantes bombillos alineados contra otra de protuberantes *switches*”.

La instalación de la máquina, en donde hoy es la Facultad de Derecho, no se dio sin la inmediata reacción de las personas que debieron cederle su espacio: “Como testimonio, escrito en grandes letras en una de las paredes se leyó por mucho tiempo el siguiente graffiti: “*Un país sin artistas no se merece más que a unos ingenieros*” cuenta también Hernando Durán. Eduardo Aldana recuerda algunas reacciones ante la llegada del 650: “No hicimos un buen trabajo en convencer a los profesores de la universidad de las bondades de esta nueva herramienta y en esa época las personas de humanidades y de ciencias sociales consideraban que el computador era un gran daño a la humanidad, que la automatización iba a afectar al hombre”.

Mientras que para muchos el computador era un extraño que solo se comenzó a conocer y a aceptar con el tiempo, para otros fue desde el principio una herramienta muy valiosa de trabajo. Tanto profesores como estudiantes de la Facultad de Ingeniería comenzaron un activo diálogo con el 650, diálogo que les permitió utilizarlo para desarrollar proyectos a gran escala, juegos y experimentos que se perfeccionaron a medida que aumentaba el conocimiento de este nuevo lenguaje que revolucionaba la tecnología y que enriquecía la formación tanto de estudiantes como de profesores.

“Tomamos la instalación del computador con mucho entusiasmo –cuenta Eduardo Aldana- todos aprendimos a utilizarlo en nuestras respectivas áreas. Yo, por ejemplo, empecé a enseñar cursos de análisis de estructuras por

computador. Los ingenieros eléctricos lo utilizaron mucho en redes y circuitos eléctricos. Hubo una línea que se desarrolló mucho, los métodos de control CPM (*Critical Path Method*) en la construcción, comenzamos también a dictar cursos de cómo utilizar esta herramienta, procurando siempre enseñársela a la ingeniería colombiana”.

El 650 hizo cálculos de manejo de obra que le ahorraron a los constructores del edificio Martín del Corral de Bogotá (en la calle 26 con 13) un año de construcción y también cálculos de curvas que funcionarios del Ministerio de Obras Públicas aún chequeaban a mano dos años después de entregados. Luis Enrique Amaya recuerda de manera especial los cálculos de Dora en el curso de Análisis Estadístico y Probabilístico que dictó a estudiantes de pregrado en el año 64. “Hicimos un proyecto para el análisis de las carreras de caballos que se hacían en el hipódromo de Techo. Metíamos los datos (nombres de los caballos, posiciones en los partidos, tiempo de llegada, jinete, etc.) y consultábamos a la computadora aunque ella nunca muy buena para dar con el ganador”.

En 1965 el computador hizo su primera calificación de exámenes de admisión a la universidad y comenzó también a ser el responsable de procesar y emitir las notas de los estudiantes.

Otros tres computadores continuaron la historia del Centro de Cómputo de la Facultad de Ingeniería: El IBM 1620, el IBM 1130 y el IBM 360. Alguien descubrió que los computadores registraban las ondas emitidas por un radio y Hernando Durán desarrolló programas que hicieron que el 1630 y el 1130 de la

Universidad de los Andes sean recordados hoy por su música.

El 1620 fue alquilado y el 1130 financiado por la Fundación de la universidad en Nueva York y por Rodman Rockefeller: “Logramos que la fundación nos aprobara 30.000 dólares –cuenta Eduardo Aldana- pero el computador costaba 40.000 y no teníamos los recursos para completar lo que faltaba. En ese tiempo visitó la universidad Rodman Rockefeller, el hijo de Nelson Rockefeller, quien presidía la fundación de Los Andes en Nueva York. En la Facultad de Ingeniería nos pusimos a mostrarle a Rockefeller por qué para nosotros era fundamental contar con un 1130, él volvió a Nueva York y como gesto de despedida de su presidencia giró de su bolsillo un cheque por 10.000 dólares que sirvió para comprar el 1130”.

La expansión de la Facultad de Ingeniería en la década del setenta, gracias a los recursos del BID, la Fundación Ford y el gobierno de Holanda, hizo posible la compra de un nuevo computador. El IBM 360 se instaló en el nuevo edificio de Ingeniería, recientemente inaugurado en marzo del 69 y fue el último computador de la universidad a cargo de Ingeniería. Del 650, el 1620, el 1130 y el 360, inmensas máquinas de las que hoy solo se conservan botones, tarjetas y placas, descienden los cerca de 2300 computadores que funcionan hoy en la universidad. ○



El inicio de la

SISMOLOGÍA EN COLOMBIA

Entrevista a Alberto Sarria

El nombre de Alberto Sarria Molina ha estado estrechamente ligado a la historia de la Ingeniería Civil del país durante los últimos 40 años. En este tiempo Alberto Sarria ha contribuido con el desarrollo del país como consultor, profesor universitario, autor de artículos y libros de Ingeniería, visionario de la Ingeniería colombiana, gestor de ideas innovadoras para la Ingeniería del país, fundador de agremiaciones de Ingeniería y otras más que lo hacen un ingeniero polifacético, capaz de tratar los detalles más intrincados de las estructuras de concreto reforzado y de hacer planteamientos técnico-económicos para los próximos 30 años de la infraestructura del país. Alberto Sarria es conocido nacional e internacionalmente por sus aportes a la Ingeniería Sísmica y por ser el iniciador de esta rama de la Ingeniería en Colombia desde las aulas de la Universidad de los Andes. Dejemos que sea él mismo quien nos comente el origen, el desarrollo y las perspectivas de la Ingeniería Sísmica en Colombia.



Alberto Sarria. Foto: Archivo Universidad de los Andes.

¿En qué fecha puede establecerse el inicio de la Sismología en Colombia?

La Sismología en Colombia se inició con el regreso al país del padre Jesús Emilio Ramírez, en el año 1940. Su tesis doctoral, que presentó en la Universidad de Saint Louis en Estados Unidos, tuvo que ver, entre otros temas, con la posibilidad de detectar huracanes con los sismógrafos. En esa época decidió fundar el Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, adscrito a la Universidad Javeriana que pudo materializar unos años después. A su regreso, el padre Ramírez colaboró en la organización y celebración del Año Geofísico Internacional en 1958. La aparición de este instituto fue un hecho muy importante a nivel continental y fue además el primer paso para la difusión del interés por la Sismología en el país.

¿Cómo comienza su interés en la Sismología?

Mi interés en la Sismología aplicada a los problemas de las construcciones se inició en 1963 cuando trabajaba en el diseño de la torre de control del aeropuerto de Palma Seca en Cali; ese edificio no se construyó. Yo era calculista de estructuras en una compañía consultora para obras de infraestructura. El que era mi jefe al ver el diseño me preguntó: “¿qué pasa con los terremotos en esta estructura?”, yo no supe qué responder. Acababa de regresar de estudiar en Estados Unidos el ingeniero Enrique Pinilla y al escuchar la conversación, me dijo que aunque él tampoco tenía mucha idea de qué se trataba me podía prestar un libro sobre terremotos. Leí el libro y la verdad es que no entendí mucho; el tema me era completamente desconocido en ese momento y me puse a estudiarlo por mi

cuenta. Pocos años más tarde, en agosto de 1966, me vinculé a la Universidad de los Andes como profesor externo dictando el curso “Diseño de estructuras de concreto”. Para el segundo curso que dicté decidí volver al libro ya mencionado y me empeñé en llevar el tema a los estudiantes. Me tocó estudiar cosas que no había visto nunca en la vida, volver a coger las matrices y las ecuaciones diferenciales. Comencé a ver que el asunto de los terremotos no era tan sencillo como uno se imaginaba, que detrás de la Sismología había mucha física y matemática y que tan arduos temas había que simplificarlos para poder llevarlos a la práctica profesional. Lo que más me llamaba la atención era lo multidisciplinario del tema.

¿Cómo se fue implementando esta área de estudio al programa curricular de la Facultad de Ingeniería?

En el curso de “Concreto II” incorporé por primera vez a un programa académico en este país una introducción al análisis dinámico de las construcciones sujetas a una fuerza aleatoria que las sacude. Al principio, desde luego, comenzamos con cuestiones elementales, cuestionando y replanteando nuestras preguntas y respuestas iniciales. El asunto fue madurando poco a poco, hasta que tuve la oportunidad de ir a un seminario para profesores universitarios en la Universidad de Colorado en Boulder. Allí tuve la fortuna de asistir a clases con profesores muy buenos, entre ellas al curso de “Dinámica de Estructuras” que dictaba el profesor inglés John Munroe que realmente era un curso sobre Ingeniería Sísmica, aunque él no se había dado cuenta de ello. Luego de esto empezamos en el curso de “Concreto II” a establecer las bases de lo que sería la Ingeniería Sísmica en el país, para lo que fue fundamental

la amistad del Padre Jesús Emilio Ramírez y del Padre José Rafael Goberna con quienes trabajé hasta la muerte del Padre Goberna en 1986, el Padre Ramírez había fallecido en 1981. Fue una gran experiencia porque unimos voluntades para proponer ideas que le sirvieron al país sin aspirar a la más mínima contraprestación para los involucrados. Comenzamos a seleccionar la información, a diseñar pequeños programas de computador para darle tratamiento a esa información y para hacer ejercicios pequeños en clase de análisis dinámico de estructuras, mirando los suelos, las construcciones.

En 1972, en el proceso de consolidación del posgrado que comenzaría en 1974, llevamos a cabo una reforma curricular fundamental, pionera en la República de Colombia y a nivel suramericano: propusimos algunos cursos entre ellos los de “Dinámica de suelos”, “Dinámica de estructuras”, “Ingeniería Sísmica”, “Sismología teórica”, cursos que formaban el eje de lo que sería el programa de posgrado en Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes.

¿Con qué evento se inicia el interés por la Ingeniería Sísmica en el país?

El evento que inaugura este interés en el país puede situarse en un conjunto de seminarios que hacíamos en la Universidad cada cuatro años, a los que invitamos expertos mundiales en Ingeniería

Sísmica. El primero se desarrolló entre agosto y septiembre de 1973, invitamos a cuatro profesores, entre ellos a una de las personas que más trabajaba el tema de dinámica de suelos alrededor de los terremotos en el mundo, el profesor Robert Withman del MIT. Vino también el profesor Nathan Newmark de la Universidad de Illinois, el profesor Paul Jennings de CalTech y el profesor Joseph Penzien de Berkeley. Estaba el profesor Withman un día a la una y media de la tarde dictando una clase que hizo en ese seminario de 1973 cuando comenzó a moverse el edificio de Ingeniería debido a un sismo relativamente poco intenso; estábamos en el quinto piso. Para nosotros fue un gran augurio, yo dije “es increíble que la naturaleza nos haya ayudado de esa manera”. Hubo llamadas desde Estados Unidos, desde Francia, llamadas desde las emisoras de Colombia, la gente se enteró del seminario que se convirtió en el evento de los eventos, en un acontecimiento que creo marcó el inicio de la Ingeniería Sísmica en Colombia.

¿Qué Universidades permitieron sentar las bases para el desarrollo de la Ingeniería Sísmica en Colombia?

Yo que creo que después de Uniandes siguió la Universidad Javeriana, allí Guillermo González González fue el primero en proponer un curso de “Dinámica de estructuras”. Posteriormente, en la Universidad Nacional se comenzaron también a dictar otros cursos y en otras Universidades comenzó también el interés por el tema.

¿Cómo nace la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, cuáles eran sus objetivos?

En el año 1974, después de intentarlo por varios años, logramos fundar en la Universidad de los Andes la Asociación Colombiana

“MI INTERÉS POR LA SISMOLOGÍA APLICADA A LOS PROBLEMAS DE LAS CONSTRUCCIONES SE INICIO EN 1963 CUANDO TRABAJABA EN EL DISEÑO DE LA TORRE DE CONTROL DEL AEROPUERTO DE PALMA SECA EN CALI”

Alberto Sarria.

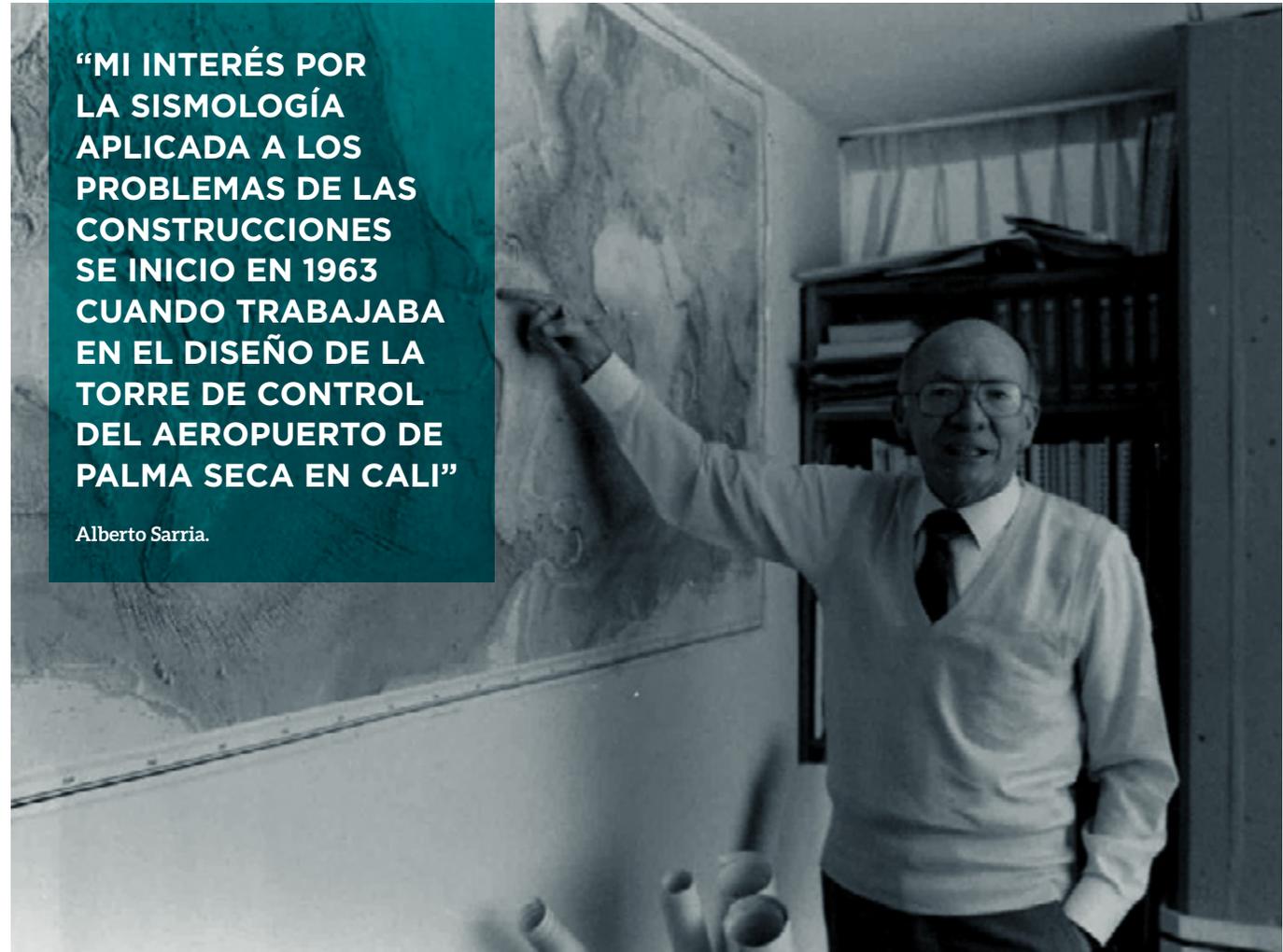


Foto: Archivo Universidad de los Andes.

de Ingeniería Sísmica. Teníamos por objeto reunir a personas con interés en el tema, no muchos pero fuimos algo más que cuarenta fundadores si mal no recuerdo. Nos reuníamos, trabajábamos, proponíamos ideas sin recibir ni un peso. Yo desde el principio pensé que para que la Asociación tuviera importancia había que sacarla de la Universidad y a los dos o tres años ésta se independizó. Uno de los objetivos que nos habíamos propuesto con ella era la redacción de unas normas para el diseño sismorresistente de construcciones en Colombia y adicionalmente la creación de la Red Sismológica Nacional.

¿Cómo era el panorama de la Sismología en el país para ese momento?

Había cinco estaciones sismológicas que manejaba el Instituto Geofísico de los Andes de la Universidad Javeriana, estas estaciones constituían una red que para el momento era ya más o menos obsoleta. La red registraba los movimientos “in situ”, en un papel que, por ejemplo, había que llevar primero en burro hasta Pasto desde las cercanías del Volcán Galeras donde estaba la estación, para luego enviar los registros en avión hasta Bogotá. De tal manera que, en el mejor de los casos, se venía a tener una idea de lo que había pasado unos dos días después de ocurrido el evento sísmico. Otro aspecto en el que fallaba la red de entonces era en que constantemente se desincronizaba del tiempo internacional común de Fort Collins en Colorado, también se dañaba el aparato marcador del sismógrafo, éste quedaba sin tiempo y desaparecía de la red. No había repuestos, ni dinero para comprarlos. Al Instituto Geofísico de los Andes le ayudaba el Instituto Agustín Codazzi pero para reemplazar una aguja podían pasar seis meses.

¿Cómo comienza la Red Sismológica Colombiana?

En la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica comenzamos entonces a trabajar por conseguir una Red Sismológica, a buscar acelerógrafos. Cuando comenzamos, el Instituto Geofísico de la Universidad Javeriana tenía cinco acelerógrafos que el Servicio Geológico de Estados Unidos le había regalado.

Éstos habían sido utilizados en una exploración que se hizo por el Chocó para estudiar la posibilidad de unir el Pacífico con el Atlántico a través del río Atrato con explosiones nucleares. Los padres pusieron estos equipos a nuestra disposición, colocamos el primero en el edificio de Avianca. Hicimos los primeros registros y avanzamos en el tema sin que nadie nos apoyara con la instrumentación que buscábamos, hasta que en 1983 ocurrió el terremoto de Popayán de donde surgió el Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes, Decreto 1400 de 1984, que se pudo preparar con gran celeridad gracias a diez años de análisis y discusiones sobre el tema que se habían producido en la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, a la cual acudió el Gobierno Nacional para asumir la responsabilidad de la normativa.

A raíz del sismo de Popayán un grupo que asesoraba al gobierno después del desastre, conformado por miembros de la Universidad de los Andes, la Universidad del Valle, la Universidad Industrial de Santander, la Universidad Nacional, la Universidad de Antioquia y la Universidad del Cauca, propuso que Ingeominas continuara trabajando, desde el Estado, por la conformación de la Red Sismológica Nacional.

¿Hubo participación internacional en este proyecto?

Un poco después de la tragedia de Armero en 1985, una misión del gobierno canadiense se interesó por el proyecto y decidió participar. Este interés de Canadá posiblemente se explicaba en parte, porque en ese momento se discutía la construcción del metro en Bogotá y la empresa que encabezaba las opciones para obtener la licitación era canadiense. Pero lo más importante era la ya tradicional ayuda que Canadá ha dado a los países en vías de desarrollo.

El PNUD nos dio 287.000 dólares para la Red y el presidente de Ingeominas se dirigió a la Universidad de los Andes y nos pidió ser sus asesores en este proyecto que comenzaba a desarrollarse. Yo estuve trabajando en esta asesoría por cuatro años durante medio tiempo en Ingeominas. Allí hice, con la ayuda de varios asesores canadienses, el planeamiento de las obras y el estudio de la transmisión de datos. Se invirtieron cerca de cinco millones de dólares en ese proyecto y en 1991 comenzó a funcionar la Red Sismológica Colombiana.

¿Cuál fue la primera microzonificación sísmica que se hizo en Colombia?

La de Popayán entre el año 84 y el 87. El presidente de la República me ascendió primero a arquitecto, dijo por TV que él había nombrado al arquitecto Alberto Sarria para que se encargara de todo el



estudio técnico de la reconstrucción de la ciudad con el fin de que el futuro fuera más seguro para la ciudad. Estuve diez meses en Popayán –ciudad en la que nací– y la Universidad me dio el permiso de regresar los jueves a dictar clase. Trabajamos con Augusto Espinosa Silva, Aquiles Arrieta, Juan Carlos Puentes y Luis Yamín de Uniandes y otros colegas del grupo de estudios al que se ha hecho referencia en lo que fue la primera microzonificación sísmica del país, posiblemente primera también en América del Sur. Este trabajo, que consiste en definir ciertas áreas en una zona urbana que tengan una respuesta sísmica similar, fue apoyado por Ingenieros expertos en Ingeniería Sísmica, Sismólogos y Gólogos expertos en Geotectónica y Geoquímicos de la Comunidad Económica Europea que financió una parte de los elevados costos del proyecto. Durante este tiempo se hicieron los primeros ensayos triaxiales cíclicos a muestras de suelos desarrollados en Colombia por personal colombiano.

¿Cómo percibe en retrospectiva su labor en este campo en la academia y en el país? ¿Cómo percibe la proyección hacia el futuro?

Aparecieron desde luego otras universidades que trabajaron en la Red Sismológica y aparecieron laboratorios como el del CITEC que luego participó activamente en la microzonificación sísmica de Bogotá y que se creó con el propósito de vincular la labor de la Universidad con la industria. Los primeros hijos de la Ingeniería Sísmica uniandina fueron Luis Enrique García y Carlos Eduardo Bernal, ambos profesores de la Universidad de los Andes en este momento. Con el posgrado se afianzaron también grupos alrededor de la Ingeniería Sísmica y algunos de

nuestros alumnos pasaron a ser profesores en otras Universidades, muchos nombres de personas que participaron y que aún participan en el área. Intentamos mantener el contacto con otras Universidades procurando trabajar por el desarrollo del área en el país sin mantenernos aislados de la comunidad académica internacional.

Se puede decir que aunque con altibajos hay hoy una continuidad: existe un posgrado en Geofísica en la Universidad Nacional; en la Universidad del Valle está el Laboratorio Sismológico del Suroccidente de Colombia y un departamento que trabaja este tipo de problemas; la Universidad Javeriana, la Universidad Industrial de Santander y la Universidad del Norte continúan también el trabajo. En cuanto a la Universidad de los Andes, quedan libros escritos por profesores, decenas de artículos publicados en revistas con revisión de pares y muchas ponencias presentadas en congresos y seminarios especializados realizados en el país y el exterior.

¿Qué opina del reconocimiento que tiene hoy en día la Universidad de los Andes en el tema de Ingeniería Sísmica?

Yo creo que la Universidad tiene ese reconocimiento gracias a que ideas como las que yo llevé alrededor de la Ingeniería Sísmica han recibido el apoyo de la institución. La Universidad se ha caracterizado siempre por ser una institución muy abierta que ha apoyado constantemente ideas de largo plazo. El reconocimiento a este tipo de trabajos en Estados Unidos, por ejemplo, tiene que ver con la conciencia que ellos tienen de que nosotros trabajamos con las uñas y eso se valora mucho. Es sobresaliente que en medio de las estructuras de nuestras Universidades, en las que muchas veces pesa más el componente administrativo que el académico, logremos resultados valiosos. ○

LOS PRIMEROS ‘HIJOS’ DE LA INGENIERÍA SÍSMICA UNIANDINA FUERON LUIS ENRIQUE GARCÍA Y CARLOS EDUARDO BERNAL, AMBOS PROFESORES DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.

Desde la academia,

INTERNET PARA COLOMBIA

Continuando con la línea de presentar hitos en el desarrollo de la Ingeniería y de la tecnología en el país que se han gestado en la Universidad de los Andes, queremos presentar a los lectores, en esta ocasión, la historia de la conexión de Uniandes a Internet y su papel de pionera y abanderada del proceso de conexión del país a esta tecnología. Muchos desconocen estos hechos, los cuales sobrepasan los límites de la Universidad y empiezan a hacer parte de la historia de Internet en Colombia.



Foto: Fototeca Universidad de los Andes.

El proceso nació netamente del interés académico, que se suscitó dentro de la Universidad, encabezado por jóvenes profesores que deseaban expandir los horizontes de la red interna que ya tenía Los Andes desde 1988, mientras era rector Arturo Infante Villareal.

Desde 1986, con la instauración del Programa Hermes¹ la Universidad de los Andes creó un ambiente muy particular para la época: con el objetivo de permitirles a todas las dependencias de la Universidad tener acceso, de manera gratuita, a la computación y alfabetizar la comunidad uniandina para que hiciera uso de las nuevas tecnologías, Hermes generó una cultura universitaria en la que se masificó el uso de las herramientas tecnológicas.

Este ambiente permitió, en 1988, montar la Red de la Universidad de los Andes (RDUA) que conectaba a los edificios de Ingeniería, donde existía una red local DEcNet, y al centro de Computo, que también tenía una red Burroughs B6800 e IBM 9377-90, por medio de un cable coaxial, usando Ethernet como protocolo de acceso al medio y TCP/IP como protocolo de comunicación.

Dos años después se expandió esta red usando la infraestructura de cableado del nuevo conmutador telefónico (un Alcatel 5200), que permitía extender la red a todos los edificios de la Universidad y a los computadores Macintosh (Mac Local Talk), con los que se contaba en ese entonces. Esta red fue muy exitosa porque se montó rápidamente.

En un intento por conectar los PC a esta red, los ingenieros uniandinos tuvieron que hacer gala de su gran creatividad, ya que las dos empresas (Apple y Microsoft) no daban soluciones posibles para conectar las dos tecnologías. Debieron por tanto montar en 1990 una red experimental (tipo Token Ring). Se instaló, además, la solución de acceso remoto usando el conmutador Alcatel. Esta red interna expandió sus dominios conectándose a la red Coldapaq de Telecom, y a la Biblioteca Luis Ángel Arango del Banco de la República.

Teniendo ya una cultura de red, la Universidad de los Andes inició su proceso de ingreso a las redes de telecomunicaciones mundiales. El primer logro fue la conexión a Bitnet², que nació como una red experimental de computadores de la Darpa³, la cual se conectó más adelante con un par de universidades del noreste estadounidense.

Bitnet llegó a los Andes a partir de la inquietud académica de Carlos Uribe, profesor de Antropología, quien transmitió su interés por la afiliación a esta red a Iván Trujillo, Director Administrativo de la Universidad. Para ese entonces con el concurso de Mauricio Arango, Director del Centro de Cómputo (1986), los Andes se había afiliado a Educom, un consorcio de universidades y de compañías de computación y telecomunicaciones cuyo objetivo era impulsar la utilización de las tecnologías para la enseñanza y la investigación.

Educom tenía la franquicia de Bitnet, por lo tanto, conseguir la autorización de su uso fue relativamente sencillo para la

Universidad; lo más difícil fue hacer realidad el hecho; a pesar de que los Andes, por tener el contacto y la infraestructura tecnológica, era la opcionada para difundir la red en Colombia, la Universidad Nacional también solicitó ser el nodo principal de Bitnet por ser la universidad pública por excelencia, quedando pendiente de esta definición la interconexión de la Universidad y en general del país a las redes universitarias mundiales.

Por esta divergencia de opiniones, el proceso se retrazó casi un año hasta que el entonces Ministro de Educación, Rodrigo Becerra, sugirió a los dos universidades turnarse cada seis meses la labor de ser el nodo de Bitnet en Colombia, solución muy democrática pero poco viable tecnológicamente. La Universidad de los Andes empezó su periodo de seis meses; sin embargo, al finalizarse el tiempo pactado, el acuerdo no pudo cumplirse por problemas de coordinación e infraestructura. Uniandes, entonces, continuó siendo la administradora del nodo de la Red Universitaria Nacional de Colombia, Runcol, que utilizaba como punto de entrada a la red global la Universidad de Columbia en New York. Fernando Salcedo Gómez era, entonces, el Director del Centro de Computo de la Universidad de los Andes (1988-1996).

1. Dios griego, patrón de las comunicaciones.

2. *Because is there net*

3. Departamento de Defensa de los Estados Unidos.





Sala de computadores Macintosh Apple Plus del Centro de cómputo, ubicado en el segundo piso del Edificio Hermes.
Foto: Óscar Prieto, Fototeca Universidad de los Andes.

En 1991, se anunció el cambio a Bitnet II (Bitnet sobre TCP/IP), por lo cual las direcciones IP con las que la Universidad de los Andes trabajaba debieron ser liberadas porque pertenecían a la Universidad de Columbia. La Universidad empezó, entonces, un trámite frente a InterNIC para solicitar la asignación de direcciones válidas para el país.

El encargado de este procedimiento fue Hugo Sin Triana, quien en un principio solicitó el dominio .cl (primando las dos primeras consonantes de Colombia), pero fue negado porque éste ya había sido asignado a Chile. Una posterior investigación llevó a conocer que .co sería el NIC (*Network Information Center*) de Colombia en el lenguaje internacional.

Uniandes decidió, en este mismo año, hacer una petición a InterNIC para manejar las asignaciones de direcciones y administrar el dominio .co, trámite que fue finalmente aprobado. De este modo, hasta el día de hoy, la Universidad de los Andes es la organización prestadora del servicio de registro de Dominios de Internet para Colombia.

Con esta nueva conexión, los Andes ya tenía la infraestructura y la posibilidad para acceder a Internet, una nueva red mundial a la que también podía conectarse a través de la Universidad de Columbia. Los Andes tuvo entonces la idea visionaria de conectar no solo a la Universidad, sino abrir las puertas de Colombia a Internet. Después de haber intentado conseguir fondos, labor que no encontró eco en la comunidad científica colombiana, la Universidad decidió financiar el proyecto asumiendo los gastos de afiliación de la red de Uniandes a Internet.

En 1992, nació la idea de crear un *backbone* Colombiano de Internet, en el que se interesaron la Universidad de los Andes, la Universidad Nacional, la Universidad del Valle, la Universidad Javeriana, la Universidad Industrial de Santander, la Universidad del Norte y la Eafit. A nivel latinoamericano se hacía más fuerte la necesidad de generar estructuras para permitir la conexión a Internet; prueba de ello fue la reunión en Río de Janeiro de países latinoamericanos interesados en conectarse a Internet y de la Fundación Nacional para las Ciencias de Estados Unidos que estaba encargada de administrar esta red.

En 1993 y gracias al *backbone* nacional, conformado finalmente por Eafit, la Universidad del Valle y Los Andes, las universidades colombianas empezaron a desarrollar de manera local los servicios de Internet. Ante la importancia y necesidad de esta red para lograr el desarrollo tecnológico colombiano, Colciencias fomentó la elaboración de un proyecto para la conexión nacional. En un principio se encargó a Eafit su realización, pero La Universidad de los Andes y el Icfes desarrollaban paralelamente otros, por lo cual decidieron unir esfuerzos y presentar un solo proyecto.

En diciembre de 1993, delegados del Icfes, Colciencias, Eafit, Universidad del Valle y Universidad de los Andes acuerdan la creación de una corporación de derecho privado que administre la conexión a Internet, así nació la Corporación InterRED.

Como Los Andes tenía la infraestructura técnica –primero desde su red interna y más tarde con su conexión a Bitnet–, la

experiencia y estaba ubicada en Bogotá, fue la encargada de montar y poner en marcha administración del primer ISP del país, mientras InteRed iniciaba el proceso de compra de los equipos y la contratación de personal calificado que manejaría la conexión a Internet en el futuro.

En 1993, para evitar la congestión en la red norteamericana, la Fundación Nacional para las Ciencias decidió que las redes de Latinoamérica, Europa y Asia debían conectarse a un enrutador por región. El de Latinoamérica fue donado por la misma fundación y se ubicó en Homestead, Florida.

La fecha de entrada de Internet a Colombia es el 4 de junio de 1994; la señal llegaba desde Homestead a las instalaciones de IMPSAT, en el cerro de Suba, y desde allí a la torre Colpatria, desde donde se remitía finalmente a la Universidad de los Andes.

En octubre de 1996, cuando ya InterRed tuvo los equipos, el personal calificado y el espacio físico, la señal dejó de llegar a los Andes y pasó directamente a la Hemeroteca, donde estaba instalada InterRed; de allí se distribuía la señal a todos los afiliados, inclusive a Los Andes.

La creación de la red interna de Uniandes y las conexiones a las redes mundiales, Bitnet e Internet, marcan sin lugar a dudas tres momentos indispensables en la historia de nuestra Universidad y de Colombia. ○

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Salcedo, Fernando. "Historia de la conexión de Uniandes a Internet". Mayo de 2002.



Las primeras salas de cómputo de la
Universidad de los Andes

Foto: Fototeca de la Universidad de los Andes.

TECNOLOGÍA APROPIADA Y GESTIÓN TECNOLÓGICA:

sus inicios en la Universidad de los Andes

El origen de la tecnología apropiada en la Universidad de los Andes debe entenderse no sólo a partir de las inquietudes de algunos profesores de la Facultad de Ingeniería, sino que debe leerse en sintonía con una serie de eventos de índole nacional e internacional que permitieron su desarrollo. En los años 70, Estados Unidos sufrió una crisis energética, ante la cual se debió buscar alternativas que pudieran suplir la necesidad de energía y la dificultad de remplazar el petróleo. Se creó entonces un movimiento cuyo objetivo era desarrollar energías renovables basadas en recursos naturales.

En 1975, el profesor José Rafael Toro trabajó en la construcción de una central eléctrica en una comunidad indígena guambiana en el departamento del Cauca.

Foto: Archivo personal de Jaime Loboguerrero.



TECNOLOGÍA APROPIADA Y GESTIÓN TECNOLÓGICA:

sus inicios en la Universidad de los Andes

Al mismo tiempo, el sector de la economía se cuestionaba el desarrollo económico basado en grandes empresas y proyectos, y en tecnologías generales y homogeneizantes. Paralelamente, aparecieron planteamientos –como los de Ernst Friedrich Schumacher (1911–1977), autor de *Lo pequeño es hermoso* (1973) (*Small is Beautiful: a Study of Economics as if People Mattered*)– que respaldaban la invención e implementación de una tecnología apropiada de acuerdo a cada entorno. En este contexto se comenzó a investigar qué tecnologías se podían crear de acuerdo con el medio y la disponibilidad de recursos que tuviera un sector específico, haciendo uso de todo el conocimiento posible y movilizándolo a los mejores científicos y académicos para desarrollar las tecnologías acordes a cada ambiente.

En la Universidad de los Andes, este movimiento trascendió en dos Departamentos: Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial, que acogieron la tecnología apropiada como una base común pero que terminaron separándose en dos ramas distintas. Mecánica se preguntaba por la transferencia, apropiación y aprovechamiento de una tecnología que, aunque disponible, no había sido desarrollada según las necesidades ni recursos del país y apelaba por la creación de tecnología colombiana. Industrial, por su parte, se cuestionaba sobre las políticas y la gestión tecnológica, y su forma de usarlas como posible solución para los problemas de desarrollo de Colombia. Estos dos enfoques serán el tema de nuestra Memoria: una entrevista con el profesor Jaime Loboguerrero de Ingeniería Mecánica, en el presente número, y una con el Profesor Carlos Dávila, actualmente profesor del Facultad de Administración, para la edición 26.

Suplir las necesidades de las regiones colombianas con sus propios recursos y tecnología

En los siglos XVIII y XIX, antes de la Revolución Industrial, los pueblos europeos explotaban sus propios recursos: creaban molinos de viento, ruedas de agua, etc. Cuando se impusieron los recursos energéticos basados en hidrocarburos, se abandonó el uso de estas tecnologías ya que resultaba más barato quemar combustibles e importar energía fácil de transportar. Sin embargo, en el siglo XX, en plena crisis energética, se retomó el desarrollo endógeno de la tecnología que aprovechara los recursos disponibles, en vez de introducir potencia y tecnología externa. En la década del setenta, empezaron a llegar a Colombia aportes del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), destinados a la investigación y creación de tecnologías en energía renovable.

Con la nueva forma de pensar de Europa y Estados Unidos y con los recursos para investigar y desarrollar tecnología apropiada, algunos profesores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, se interesaron por el tema. Los profesores Jorge Zapp y Carlos Francisco Rodríguez comulgaron con las ideas utópicas del italiano Paolo Lugari y su centro de investigaciones ambientales “Las Gaviotas”, creado en 1966 en el Vichada, cuyo objetivo era promulgar por el desarrollo de los recursos locales y utilizar masivamente energías renovables. En palabras de Jaime Loboguerrero, Gaviotas apelaba por “la transformación del mundo desde los Llanos, ya que si se podía sobrevivir en la mitad de los Llanos orientales, donde no había muchos recursos, se podía vivir en cualquier parte del mundo”.

Lugari, que recibió recursos del PNUD, invitó a Jorge Zapp y a profesores de la Facultad de Ingeniería a juntarse a su proyecto. Se le unieron también biólogos, químicos, antropólogos e ingenieros de otras universidades como la Universidad Nacional. La empatía de Zapp y Lugari fue evidente y juntos empezaron a abrir un importante campo de investigación, creando aparatos que resolvieran problemas y mejoraran el nivel de vida de los habitantes de zonas apartadas del país, en las que no había agua

TECNOLOGÍA APROPIADA Y GESTIÓN TECNOLÓGICA:

sus inicios en la Universidad de los Andes

potable, no llegaba transporte y existían dificultades en las comunicaciones. La desconexión en esta década era total entre la parte rural y la parte urbana del país y Gaviotas apelaba por eliminar, en alguna medida, la desigualdad en calidad de vida en comparación con el sector urbano.

Desde el punto de vista económico, los investigadores encontraron que había una oferta tecnológica y una economía asociada para cada región; por tanto, para algunos sectores el punto de equilibrio era diferente al de otros, dependiendo del ambiente y del tipo de tecnología que se adoptara en ellos. No en todos los lugares y contextos puede tener aplicación la economía a escala: la tecnología masiva, a pesar de ser barata, no necesariamente es útil en todas las circunstancias. Para las colombianas, particularmente, podía existir una tecnología óptima, más apropiada, pequeña y no necesariamente masiva.

Jorge Zapp comenzó tratando el problema de la energía y los costos elevadísimos de los combustibles en regiones retiradas del país. Su tarea fue analizar los recursos disponibles en los Llanos y pensar qué máquina podía aprovechar esos recursos, aunque fuesen pequeños. Zapp y su equipo de trabajo desarrollaron en los laboratorios de la Universidad de los Andes una pequeña turbina tipo Mitchell que produjo apenas 600 vatios, cantidad que, aunque pareciera pequeña, era considerable si se comparaba con los esfuerzos que debían hacerse para llevar energía a altísimo costo a la región (llevar un motor diesel y su combustible en difíciles condiciones de transporte). Este trabajo, que recibió el nombre de “La tecnología intermedia, un nuevo enfoque del desarrollo”, fue presentado por Carlos Francisco Rodríguez y Jorge Zapp a la Fundación Alejandro

Ángel Escobar como una estrategia que resolvería problemas de este estilo en otras regiones del país con condiciones similares. Finalmente, el proyecto ganó el premio en 1974, lo cual motivó a muchas personas dentro de la Facultad de Ingeniería para que empezaran a crear distintos mecanismos y aparatos que permitieran mejorar servicios difíciles de hallar en el campo: contar con agua corriente y poder almacenarla, tener luz, mejorar las comunicaciones, entre otros.

Otro elemento que entró en juego en el desarrollo de tecnologías apropiadas fue la necesidad de ser amables con el entorno, no contaminar y producir de manera limpia y sustentable. El caso que alertó a los investigadores a velar por el medio ambiente fue el proyecto que permitía utilizar el aceite que la propia región podía producir. Se creó una máquina que prensaba los frutos de las palmas de moriche (*Mauritia flexuosa*) para extraer su aceite; no obstante, a los tres meses de su implementación los investigadores se dieron cuenta de que se iba a acabar con la especie porque los indígenas, al conocer su valor económico, empezaron a tumbiar las



Construcción de central eléctrica con miembros de la Cooperativa de las Delicias del pueblo Misak en el Cauca colombiano. Foto: Archivo personal de Jaime Loboguerrero.

TECNOLOGÍA APROPIADA Y GESTIÓN TECNOLÓGICA:

sus inicios en la Universidad de los Andes

palmas indiscriminadamente. Ése fue, tal vez, el episodio que alertó a los investigadores respecto a su responsabilidad con el ambiente. Las tecnologías apropiadas debían tener, entonces, unas reglas: además de ser económicamente rentables, debían aprovechar el recurso local, pero sin afectar su producción y sin afectar el ecosistema que lo circunda.

Además de hacer aparatos y desarrollar estrategias para aprovechar lo que había localmente, para bajar los costos y tener una buena calidad de vida, se buscaron negocios económicamente productivos. Hubo tantos ensayos como fracasos: se intentó sembrar maíz, yuca y otras especies, pero nada germinaba debido al piso arenoso y al régimen de aguas. Lo único que prosperó fueron: los pinos caribeas traídos de Honduras (*Pinus caribaea*, var. *hondurensis*), que permitieron producir la rentable resina colofonia; y la cría de chigüiros y la comercialización y el consumo de su carne.

Las máquinas y aparatos que se crearon, tuvieron sentido siempre y cuando existieran recursos para usarlos; como ocurrió con las microcentrales hidroeléctricas. El Departamento de Ingeniería Mecánica creó pequeñas centrales y, con el tiempo, las llevó a otras partes del país. A pesar de que existían desde 1890 e incluso a principios de los años 20 “El Manual de Cafeteros” explicaba el procedimiento para crear una hacerla producir, estaban relegadas; por tanto, el objetivo era rescatar su uso y mejorarlas. La Universidad de los Andes promovió la instalación muchas centrales para comunidades campesinas, a través de ONG’s. La única empresa que sobrevivió en el país fue la Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario FDTA, que heredó parte de los equipos que desarrolló los Andes y es dirigida por Mauricio Gnecco quien ha montado centrales de muchos de los parques nacionales.

En el caso particular de los molinos de viento, Jorge Zapp, que trabajaba ya de tiempo completo con Gaviotas, desarrolló una fábrica de molinos que desapareció muy pronto, pues a pesar de tener una utilidad parcial no fue rentable por estar montada en medio de los Llanos. No obstante, con la empresa nació la posibilidad de que en el país se pudiera crear y tener este tipo de tecnología, tal como ocurre en Duitama, donde opera la única fábrica de molinos de viento que hay en el país: Industrias Jober, que fue asistida en sus inicios por Universidad de los Andes.

Los calentadores solares tuvieron una historia similar: con fondos mayores se montó una fábrica de conectores solares para calentar el agua. Sin embargo, las energías que se usaban para este trabajo (gas y energía eléctrica) eran tan económicas que comercialmente era muy difícil competir con ellas. Sin embargo, a pesar de los muchos inconvenientes, Gaviotas logró hacerles entender a algunos la viabilidad de la economía a largo plazo: se montó la planta, permitiéndole a Colombia ser uno de los pocos países de Latinoamérica que tiene instalaciones masivas de calentamiento con energía solar (Bogotá y Medellín). El Banco Central Hipotecario construyó muchos edificios que usaron esta tecnología proveniente de Gaviotas.

Estos proyectos funcionaron bien a través de empresas grandes y a través de algunas pocas personas con poder financiero y con visión de la economía a largo plazo. Lastimosamente no hubo mercado individual, ya que una persona con flujo de caja limitado difícilmente iba a invertir en algo que requiriera capital intensivo y que le representaría resultados a largo plazo y no de manera inmediata. Esta situación hizo entender a los investigadores que si no se contaba con el apoyo de una

empresa solvente, como lo era el Banco Central Hipotecario, los proyectos no tendrían mayor duración y alcance por sujetos, aunque no se quisiera a una cultura cortoplacista y a la actitud depredadora de la economía.

El Departamento de Ingeniería Mecánica tomó la tecnología apropiada desde el punto de vista académico. Es interesante notar que la mayoría de los desarrollos iniciales nacieron de proyectos de grado de la Universidad de los Andes y de la Maestría en Ingeniería Mecánica. Los estudiantes plateaban la idea, trabajaban sus proyectos en los Andes y, finalmente, eran contratados por Gaviotas. Hubo varios proyectos posibles y otros fallidos, entre ellos las cocinas con calentamiento solar, las bombas de agua tipo ariete, las rimbombas, etc. Un caso especial fue el de los sistemas de riego que permitía la productividad de la tierra en las zonas aledañas a los ríos en las épocas de sequía; pues era una inversión que podía justificarse, ya que el campesino tendría ganancias en épocas en las que normalmente no se cosechaba.

Muchos profesores empezaron a trabajar en esos temas e intentaron concientizar a los estudiantes para que se involucraran en este tipo de investigaciones. “Es interesante notar que más de la mitad de los proyectos de grado de esa época estaban encaminados a cómo hacer cosas en Colombia, a nuestra manera, con nuestros recursos” dice Loboguerrero.



TECNOLOGÍA APROPIADA Y GESTIÓN TECNOLÓGICA:

sus inicios en la Universidad de los Andes



Central eléctrica de la Cooperativa de las Delicias en el Cauca colombiano. Foto: Archivo personal de Jaime Loboguerrero.

El Departamento trabajó en varios proyectos, como el uso de productos orgánicos para motores de combustión y el proceso de la yuca en los Llanos (la molienda, la separación de la parte fina de la harina y su secado). El proyecto de molinos de viento fue jalonado por el profesor Álvaro Pinilla. Rafael Beltrán se ha dedicado a la investigación del uso de combustibles correctos, él empezó a usar aceites orgánicos para motores diésel hace casi 20 años. Jaime Loboguerrero asesoró por largo tiempo a grupos en el sector de maquinaria hidráulica en la construcción de bombas, turbinas y centrales hidráulicas. Un caso interesante fue el de los médicos que trabajaban en el Chocó en la lucha contra la malaria; ellos contactaron a la Universidad de los Andes para la creación de un mecanismo que cargara las baterías, ya que la aeronáutica prohibía transportarlas y ellos constantemente debían transgredir la norma (las escondían en sus mochilas de viaje). La fiebre malárica aparece de noche y para detectar qué tipo de malaria tiene cada paciente hay que analizar una muestra de sangre extraída en la noche y sin luz, no se podía sacar las muestras y revisar la sangre.

Estas circunstancias permitieron fundar en los Andes el Postrado en Energías Renovables, que fue dirigido en sus inicios por Rafael Beltrán y por Fernando Navas, profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica. Las Naciones Unidas, desde su filial de Japón, donó un presupuesto importante para que estudiantes jóvenes latinoamericanos (Perú, Bolivia, Chile, Argentina y Colombia) tomaran el programa. El postgrado contó con expertos profesores en cada área, como es el caso de Hermann Snell, de Holanda, y John Burton, de Inglaterra. Con la colaboración de Burton y la financiación de la institución británica ITDG (*Intermeditate Technologys Development Group*), Jaime Loboguerrero y varios estudiantes construyeron una planta en el río Dormilón que generaba energía para 16 familias y movía trapiches; esta planta no sólo daba luz de uso doméstico sino que podía usarse en industria, dándole un valor agregado al campo. Era tal la cantidad de energía constante que se decidió introducir al proyecto un tipo de cocinas usadas por los suecos a comienzos de los años 20: las 16 familias recibieron unas resistencias que calentaban todo el tiempo un hierro ubicado en una especie de termo. Sobre el hierro, caliente todo el tiempo, se ponían las ollas y se cocinaba sin usar leña, sin humo y sin contaminación.

TECNOLOGÍA APROPIADA Y GESTIÓN TECNOLÓGICA:

sus inicios en la Universidad de los Andes

Todos esos estudiantes de la maestría vivieron un proceso muy importante de motivación y trabajo; por ejemplo, José Rafael Toro, actual Vicerrector de la Universidad de los Andes, era estudiante de esta maestría y, en el año 1975, trabajó en una central en la Cooperativa de las Delicias de los guambianos. La central se construyó en el laboratorio de los Andes y fue montada por Toro y por un compañero egresado de la Nacional; ambos viajaron en flota hasta el Cauca y sobrevivieron el tiempo que tomó montar la central por la generosidad de los indígenas.

La historia de las tecnologías apropiadas en Colombia pudo ser más larga, pero hubo dos factores que desestimularon la labor e impidieron su futuro. La violencia fue el primer factor: al principio se podía viajar sin problema, pero años después fue imposible por la situación de orden público y la presencia de la guerrilla. Las pocas centrales que se lograron montar hasta 1983 fueron arrasadas por la guerrilla, en algunos casos asesinaron a los líderes comunales y desplazaron a gran parte de la población beneficiada. Con la ONG “Fundación futuro para la niñez” de Medellín, se había construido cerca de 40 microcentrales para campesinos en la región del río Dormilón, en el valle del río San Luis - Antioquia, en Acandí - Urabá antioqueño, en San Cayetano - Cundinamarca y Restrepo - Cumaral, a las cuales no se pudo regresar. El segundo factor fueron algunas políticas del entonces presidente Belisario Betacur (1982-1986), quien le apostó a acabar a la guerrilla por medio de la electrificación del país: el gobierno llevó energía a todos los sectores que estaban desarrollando su propia energía, lo cual eliminó los logros de la tecnología apropiada en el país y los posibles intentos futuros.

Lastimosamente, a pesar de los intentos gubernamentales por electrificar el sector rural, aún hoy siguen existiendo los mismos problemas que se intentó solucionar con este tipo de tecnologías. Jaime Loboguerrero afirma que “si el país tuviese paz, las tecnologías apropiadas resurgirían. Ni siquiera se entendería este resurgimiento como algo romántico, pues en la práctica es muy costoso no aprovechar lo que hay en una región y ése es un costo que se está pagando a nivel nacional. Actualmente, el país está adoptando y copiando tecnologías extranjeras, pues se tiene la convicción de que la tecnología se compra y no se hace dentro del país, sin embargo, Colombia es aún un terreno fértil pues existe la necesidad y el potencial es excepcional; pero, por ser proyectos intensivos en capital y muy económicos a largo plazo, se necesita primero una concepción distinta de la economía, un músculo financiero para jalonar estas prácticas y que las instituciones, como la Universidad de los Andes podría, hoy en día, reintroducir el tema de estudio”. ○

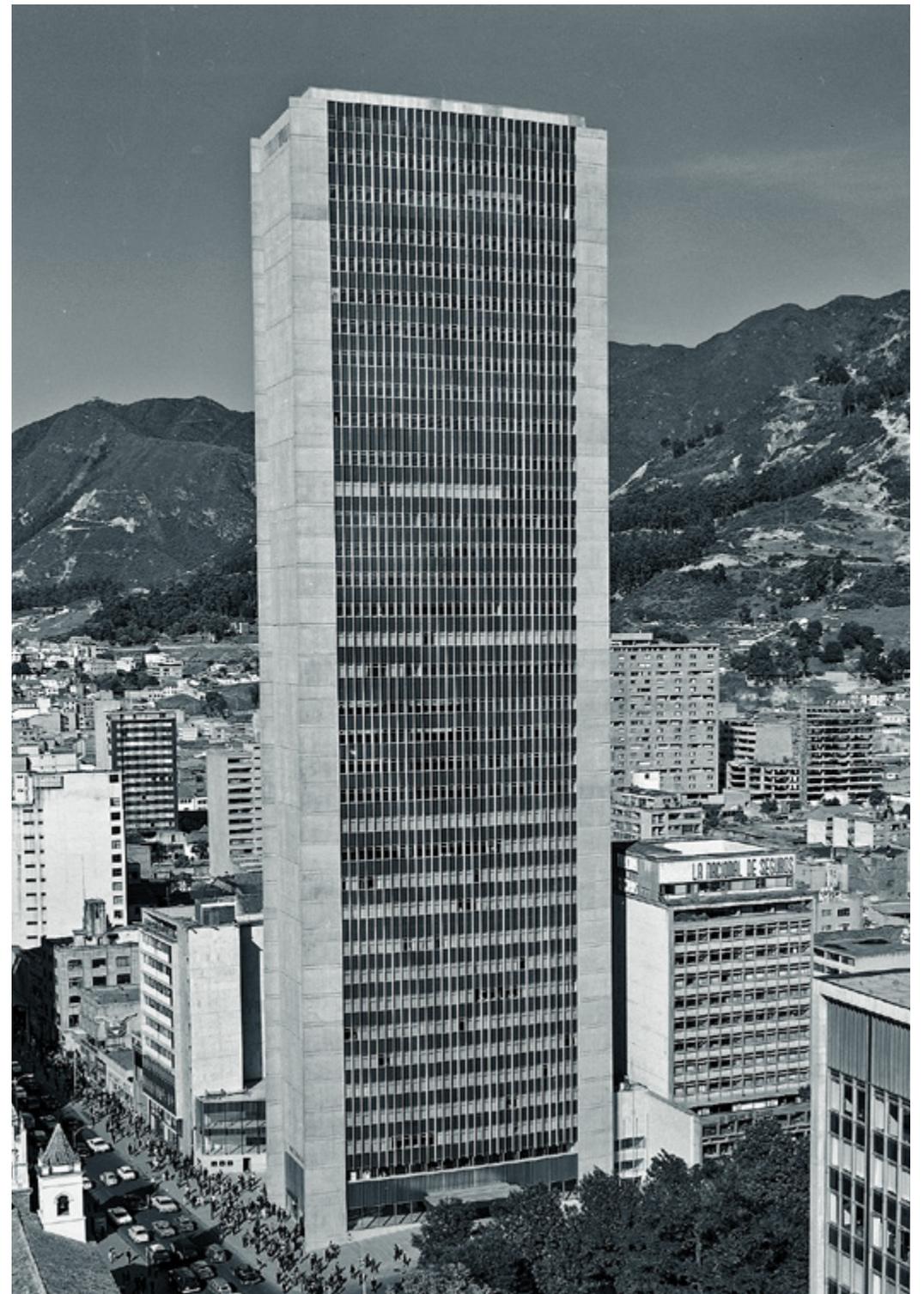


La central se construyó en el laboratorio de Los Andes y fue montada en la comunidad guambiana por José Rafael Toro y un colega egresado de la Universidad Nacional. Foto: Archivo personal de Jaime Loboguerrero.

EL MÉTODO DEL CAMINO CRÍTICO

en la ingeniería colombiana

Los hitos en la ingeniería no se refieren necesariamente a la construcción de obras físicas, sino también a los momentos que marcan cambios en las maneras de pensar la disciplina y en la actitud frente al manejo de las obras. En esta ocasión, la *Revista de Ingeniería* se propone recordar la introducción de los esquemas de planeación, programación y control tanto en la academia como en el ejercicio profesional en Colombia, a partir del proyecto de planeación y construcción del Edificio de Avianca (1968). Sin duda, un hito no solo urbano sino también de la ingeniería del país.



Edificio de Avianca. Foto: Cortesía de Rafael Esguerra Arquitectos.

Uno de los primeros trabajos que la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes realizó con el sector externo fue el proyecto de planeación, programación y control de la construcción del Edificio Martín del Corral (1968, 27.000 mt², carrera 13 con calle 26). Un proyecto posterior, más amplio y ambicioso que el primero debido a su tamaño y a la tecnología usada, fue la construcción del Edificio de Avianca (1968, 37.250 mt², calle 16 con carrera 7ª sobre el Parque Santander; en ese entonces, el edificio más alto de Sur América)¹. Así lo anotó en 1969 la revista *Anales de Ingeniería*: “La terminación del Edificio de Avianca (...) es el resultado de más de cuatro años del esfuerzo coordinado de una serie de arquitectos e ingenieros colombianos para llevar a cabo un proyecto arquitectónico y una obra de ingeniería que puede catalogarse como de avanzada, no solamente en nuestro país sino en el mundo”.

La planeación, programación y control del Edificio Martín del Corral estuvo a cargo de los profesores Eduardo Bayona de Francisco y Álvaro Villaveces, y la del Edificio de Avianca a cargo de José Darío Velázquez Londoño y José Ignacio Rengifo, adscritos todos al Departamento de Ingeniería Civil. En los dos casos se utilizó un sistema novedoso: el Método del Camino Crítico (CPM, por su nombre en inglés *Critical Path Method*) o Método de Secuencia Crítica, que tuvo sus inicios en los Estados Unidos en el año de 1957 y que, con el paso del tiempo, se incorporó de un modo natural en el proceso de la construcción en el país.

Álvaro Villaveces lo describía así en 1966: “El Método de Secuencia Crítica permite analizar un proyecto de manera sencilla. El proyecto se supone compuesto de labores o ‘actividades’ y para representarlo se definen las actividades que lo componen y

las relaciones de secuencia lógica que existe entre ellas. En base a (sic) esta definición, el método permite calcular varios ‘tiempos’ para cada actividad del proyecto. Estos ‘tiempos’ llevan a coordinar la ejecución de actividades muy diversas y facilitan su programación, a la vez que identifican las actividades críticas, es decir, aquéllas que determinan fundamentalmente la duración total de la proyecto (...) En resumen, el Método de Secuencia Crítica constituye hoy por hoy el instrumento más efectivo con que cuenta cualquier contratista para llegar a conocer y entender a fondo su proyecto. A medida que se pone en práctica, el Método va ganando mayor aceptación debido a los increíbles resultados que de su aplicación se obtienen”.

El CPM se introdujo en las aulas de la Universidad de los Andes en 1966 con la vinculación de Velázquez y Rengifo al Departamento de Ingeniería Civil, quienes regresaron de terminar sus estudios de postgrado en Stanford University y en University of New Mexico, donde aprendieron el uso de esta herramienta. Por otra parte, tres profesionales más, Urbano Ripoll, Arturo Londoño y Álvaro Silva Fajardo, financiados por Camacol,



Informe especial sobre el edificio de Avianca, contenido en el Vol. LXX, No. 744 de la Revista Anales de Ingeniería de la Sociedad Colombiana de Ingenieros.

1. Las empresas de consultoría y construcción que trabajaron la construcción del edificio fueron: Esguerra, Sáenz, Urdaneta, Samper y Cía. en asociación con Ricaurte, Carrizosa y Prieto Ltda., planos arquitectónicos; Doménico Parma, planos y cálculos estructurales; Antonio Páez Restrepo, estudio de suelos y cimentación; Ingeniería Ltda., instalaciones hidráulicas y sanitarias; Schrader, Camargo y Cía., instalaciones eléctricas; Centro Colombiano de la Construcción y Universidad de los Andes, planeación, programación y control; Restrepo y Uribe Ltda., interventoría; Consultores Projectistas Asociados, asesoría en ingeniería y arquitectura; Álvaro Tapias y Cía., aire acondicionado y ventilación; Roberto Bermúdez, decoración

se capacitaron en el mismo año en el Bowm Centrum de Holanda y regresaron al país para trabajar en el Centro Colombiano de la Construcción, formado por Camacol, y en el Bowm Centrum de Colombia.

José Darío Velázquez, en representación de la Universidad de los Andes, se encargó en este mismo año de formalizar el contrato compartido entre Uniandes, el Centro Colombiano de la Construcción y Juan Pablo Ortega, presidente de Avianca, para planear, programar y controlar la obra del Edificio que albergaría las oficinas de la compañía. La planeación y la programación de este proyecto estuvieron a cargo de Jairo Calderón y Álvaro Silva Fajardo, por parte del Centro Colombiano de la Construcción, y de José Darío Velázquez. A su vez, el control de programación y la actualización de los programas fueron llevados a cabo por Germán Borda, arquitecto del Bowm Centrum de Colombia, y por Pepe (José Ignacio) Rengifo, tras el retiro de Velázquez de la universidad. En el proyecto el equipo utilizó el CPM, la programación lineal y el sistema de series, todo realizado con métodos manuales.

En el proyecto del Edificio de Avianca se tuvo la mayor expresión de las experiencias recopiladas por estos jóvenes profesionales en el extranjero, ya que fue de una de las primeras veces en que la planeación, la programación y el control funcionaron en forma eficiente; se trataba, además, de un edificio complejo y en él se hicieron caissons por primera vez en el país. "Pepe" Rengifo anota: "Creo que el aporte del método de planeación, programación y control mediante el CPM fue fructífero (...). Había mucha renuencia respecto al uso de este método en aquel momento, pues se creía que se hacía un programa fijo sobre cómo debía ser la obra (lo cual era un requisito para que se la adjudicaran a un constructor) a pesar de que desde el inicio de la misma se presentaban retrasos o adelantos y que, por tanto, el programa inicial dejaba de ser una guía absolutamente confiable. La insistencia de las personas que creíamos en el método iba dirigida a demostrar que sus ventajas provenían de llevar el control con base en un programa actualizado, lo cual permitía detectar dificultades, causas de atrasos, secuencias mal planeadas, actividades mal programadas, etc. Lo anterior permitía a los constructores y a los proyectistas tomar decisiones encaminadas a cumplir con los plazos



El método de la secuencia crítica, según Álvaro Villaveces

EL MÉTODO DEL CAMINO CRÍTICO

en la ingeniería colombiana

de entrega o a procurar que los atrasos fueran lo más pequeños posibles”.

En nombre de la Universidad de los Andes, Pepe Rengifo y Luis Enrique, el “Chief”, Amaya trabajaron en otros proyectos después del Edificio de Avianca (Termozipa, Telecom Niza, entre otros) y aportaron sus conocimientos de este método que aún no estaba en uso en el país, teniendo muy claro desde entonces que la Universidad procura no hacer consultoría, para no competir con sus egresados en las firmas de ingeniería. Por su parte, Camacol analizaba cómo se implementaría en Colombia un sistema de producción serial en vivienda de interés social en el que hubiera altos índices de repetición (los primeros trabajos se realizaron con el Banco Central Hipotecario y el Instituto de Crédito Territorial, así como con algunas entidades privadas).

La experiencia en el uso de estas herramientas y en el desarrollo de estos proyectos regresó a la academia a finales de la década de los 60 y principios de los 70. En Los Andes se ofreció el curso de postgrado “Sistemas manuales de planeamiento y control de la construcción”, dictado por Velázquez antes de su retiro “con el patrocinio de la Organización Panamericana de la Salud y con la colaboración del profesor John W. Fondahl, creador de los sistemas manuales de secuencia crítica” y quien era, en ese entonces, director encargado del Instituto de la Construcción en Stanford University. Tiempo después, Rengifo creó el curso “Plan control”, dictado a los estudiantes de pregrado en ingeniería, que pasó a llamarse “Construcción 8”, cuando se dictaba a los estudiantes de pregrado en arquitectura. Estas clases resultaron tan exitosas dentro de la universidad que se ofrecieron también

como cursos de extensión universitaria y tuvieron bastante acogida en el sector externo. Así mismo, en las instalaciones de Camacol se dictaban conferencias en estos temas con el fin de difundir la información sobre el uso de estas herramientas.

Antes de la implementación de estos métodos y sistemas de construcción, se trabajaba únicamente con los diagramas de barras, por lo que no se veía la incidencia de los atrasos y/o adelantos en la duración de los proyectos. Por tanto, un proceso que hoy en día resulta obvio en la ingeniería colombiana no se comprendía claramente hasta que llegaron estas nuevas tecnologías y herramientas, y se contó con la experiencia arriba anotada.

Desde entonces, con el tiempo y dada la experiencia, se logró convencer a los ingenieros, arquitectos y contratistas de la época que tenían a la mano una herramienta para planear, programar y controlar mejor la ejecución de la obra, pues si se programaba eficientemente se podía controlar con mayor facilidad y, así, el control de la producción y la calidad sería mucho mejor. A partir del hito del Edificio de Avianca, las empresas colombianas empezaron a planear, programar y ejecutar con esta tecnología y con otra que fuera más novedosa respecto a la serie de producción, a la producción lineal y a toda la serie de programación macro. Estas herramientas están completamente asimiladas y mejoradas hoy en día, pero es importante notar este hito de la ingeniería, antes del cual en el país se trabajaba de una manera distinta a la que conocemos hoy en día. ○

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Informe Especial. Edificio Avianca”. *Anales de Ingeniería*. Vol. LXXVII, No. 762, Segundo trimestre de 1969, pp. 43-48.
 - [2] “Edificio de Avianca”. *Anales de Ingeniería*. Vol. LXX, No. 744, Noviembre - Diciembre de 1963, pp. 7-9.
 - [3] Villaveces Atuesta, Álvaro. “El Método de la Secuencia Crítica”. *Anales de Ingeniería*. Vol. LXXV, No. 754, Enero, Febrero y Marzo de 1967, pp. 58- 61.
 - [4] Entrevista con José Ignacio Rengifo. Noviembre de 2009. Archivo *Revista de Ingeniería*.
 - [5] Entrevista con Álvaro Silva Fajardo. Noviembre de 2009. Archivo *Revista de Ingeniería*.
 - [6] “Actividades de las Facultades de Ingeniería”. *Anales de Ingeniería*. Vol. LXXV, No. 755, Abril, Mayo y Junio de 1966, pp. 131.
 - [7] “Actividades de las Facultades de Ingeniería. Universidad de los Andes. Curso sobre sistemas manuales de planeamiento y control de la construcción”. *Anales de Ingeniería*. Vol. LXXVI, No. 756, Primero y segundo trimestres de 2006, pp. 51-54.
 - [8] Páez Restrepo, Antonio. “La cimentación del Edificio Avianca”. *Anales de Ingeniería*. Vol. LXXVI, No. 897 y 898, Enero, Febrero y Marzo de 1967, pp. 95 y 96.
- Cámara Colombiana de la Construcción. Cincuenta años en la construcción de Colombia: Camacol 1957-2007. Bogotá: CAMACOL, 2007.

Innovación en

MÉTODOS COMPUTACIONALES

en la Universidad de los Andes

En 1967, se presentó en el *Winter Power Meeting* de la IEEE, en Nueva York, lo que constituyó tal vez el avance más importante en esa década respecto a métodos computacionales para calcular flujos de potencia en redes eléctricas de centenares de nodos y para resolver sistemas de ecuaciones lineales y no lineales de gran tamaño . Hasta ese entonces, los flujos de carga más grandes que se podían resolver no pasaban de sistemas de decenas de nodos.

La Universidad de los Andes fue pionera en Colombia en la investigación de métodos de computación electrónica aplicados a la operación de sistemas eléctricos de potencia.
Foto: Cortesía de Mario Ríos.

La Memoria fue escrita por Hernando Durán.



El origen de este avance fue, como siempre, una idea muy sencilla: utilizar el método de Newton (Newton-Raphson) — conocido y estudiado en textos de análisis numérico desde hacía mucho tiempo atrás, pero no usado antes para resolver sistemas de ecuaciones no lineales de gran tamaño— debido a que su aplicación requería primero poder resolver eficaz y eficientemente sistemas de gran número de ecuaciones lineales simultáneas utilizando el computador electrónico. Para lograr esto fue clave el hecho de que en una red de potencia eléctrica —como en muchos otros tipos de red un nodo (subestación)— está conectado sólo un número pequeño de nodos vecinos, el cual usualmente se puede contar con los dedos de la mano, comparado con el número total bastante más grande de nodos de la red. Lo anterior, a su vez, implicaba ordenar, organizar y procesar la información correspondiente a esas ecuaciones e incógnitas con el fin de que, al utilizar el método más sencillo para resolver sistemas lineales de N ecuaciones con N incógnitas (conocido como eliminación gaussiana y que se enseña en el bachillerato), se realizase inteligentemente sin desperdiciar ni un ápice de la memoria, ni del tiempo del computador. Esto puede parecer completamente trivial hoy, pero hace poco más de cuarenta años no lo era.

Asistí a la presentación y discusión de este importante trabajo porque en ese mismo congreso presenté mi primera investigación , realizada durante el año anterior en la Universidad de los Andes por *motu* propio y en ratos libres, pues apenas se iniciaba el desarrollo de la cultura de la

investigación en la Facultad de Ingeniería y aún no existían los presupuestos semilla para investigación que existen hoy.

El impacto de la novedosa aplicación del método de Newton al cálculo de los flujos de potencia fue reconocido por los asistentes el *Winter Power Meeting* de la IEEE de 1967 y durante muchos años después. Así mismo, al grupo de profesores del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de los Andes y a mí, personalmente, nos abrió nuevos horizontes de investigación.

En 1973 el Departamento de Ingeniería Eléctrica tuvo la oportunidad de celebrar el contrato “Operación Económica” con la Corporación Eléctrica de la Costa Atlántica CORELCA . Su objetivo era desarrollar e implementar un conjunto de herramientas de computador que ayudaran a los profesionales y al personal encargado de la planeación y operación del sistema de potencia eléctrica, de propiedad de CORELCA, a realizar las actividades de análisis de la red y de optimización de la generación de energía eléctrica en las diferentes plantas térmicas ubicadas en la región de la Costa Atlántica. Se desarrollaron e implementaron tres programas de computador: “Flujo de Carga”, “Flujo de Carga Óptimo” y “Selección de Unidades de Generación”.

El gerente de CORELCA en ese entonces, el Ing. Antonio Pretelt Emiliani —egresado del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Uniandes, en el primer grupo que terminó todo el pregrado en Colombia— era consciente de la necesidad de modernizar la gestión técnica de las empresas del sector eléctrico colombiano y de introducir los novedosos métodos computacionales ofrecidos por los computadores electrónicos, los cuales se comenzaban a instalar en Colombia para llevar a cabo principalmente rutinas administrativas.

**PROFESORES,
ESTUDIANTES
Y EGRESADOS
DE UNIANDES
ESTABAN
FAMILIARIZADOS
CON EL USO DEL
COMPUTADOR EN
APLICACIONES DE
INGENIERÍA.**

El programa de “Flujo de Carga”, desarrollado en la Universidad para CORELCA, introdujo la innovación descrita al comienzo de este artículo y constituyó, además, un claro avance con respecto a los programas comerciales de flujo de carga recién instalados en empresas (como la de Energía Eléctrica de Bogotá) y que, por su puesto, escapaban al alcance de lo realizable por la consultoría colombiana en ese momento. Este logro se debió en gran parte a que la Facultad de Ingeniería cumplía en 1973 dos lustros de haber instalado el primer computador electrónico que hubo en una universidad colombiana. También, durante ese lapso se habían introducido los primeros cursos de programación de computadores y de métodos numéricos de computación y, por tanto, profesores, estudiantes y egresados estaban familiarizados con el uso del computador en aplicaciones de ingeniería.

El programa de “Flujo de Carga usando el método de Newton”, desarrollado por Tinney y Hart, ingenieros de la Bonneville Power Administration BPA de Estados Unidos, se comercializó más tarde y su uso se extendió rápidamente. En 1975 llegó a Colombia, traído por el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica ICEL, entre otras empresas.

Por su parte, el “Flujo de Carga Optimo” es un programa que les da la opción a los operadores de minimizar el costo total de operación. En el caso de CORELCA, se minimiza el costo de las diferentes centrales térmicas, al escoger las unidades más eficientes en términos del costo de combustible y tipo de tecnología de generación (carbón, ACPM o gas) para asignarles su generación, teniendo en cuenta los límites operativos de todo el sistema (niveles de tensión, rateos de los aparatos eléctricos, etc.) y las pérdidas de potencia eléctrica por disipación de calor en las líneas y en los transformadores.

Este programa fue también innovador. Los métodos que se utilizaban para resolverlo entonces eran usualmente métodos de gradiente que no permitían aplicarlo eficazmente en sistemas grandes. Con base en la experiencia lograda al desarrollar

Foto: Germán Tellez, Fototeca Universidad de los Andes.



el programa de “Flujo de Carga”, se decidió utilizar el método de Newton para resolver el nuevo sistema de ecuaciones al que daba lugar el flujo óptimo, con excelentes resultados, aun cuando no se utilizó en sistemas eléctricos grandes. Los resultados de este desarrollo se presentaron en la conferencia del *Power Industry Computer Applications PICA* de 1973¹. El método de Newton para resolver el problema de flujo óptimo se convirtió años más tarde en el método más eficaz de resolver el flujo óptimo ².

Finalmente, el programa de “Selección de Unidades de Generación” elaboró tablas dinámicas para cada hora de selección de las unidades de generación de las plantas térmicas, de acuerdo a su estado: apagada, banqueada, rodando sin carga o en línea con carga. Lo anterior, con el objeto de minimizar los costos totales de operación en todo el día, sin tener en cuenta la red eléctrica ni las pérdidas, pero considerando la variación de la demanda total en cada hora —los costos de producción de energía (combustibles), los costos y tiempos de encendido (ya que en las plantas a carbón es necesario realizar un proceso

costoso de encendido de las calderas de varias horas), las características de las unidades y el estado inicial de las unidades (pues el costo y el tiempo de encendido dependen del número de horas que la unidad ha estado apagada)—. En la programación de esta función se aplicaron varias técnicas de programación dinámica.

En la ejecución de este proyecto participaron, además del autor de esta Memoria, varios profesores del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de los Andes, de ese entonces: Álvaro Maldonado, Germán Cavelier y Renato Céspedes.

La Universidad de los Andes al realizar hace cerca de cuarenta años el proyecto de “Operación Económica” se convirtió en pionera en Colombia en la investigación y aplicación de métodos de computación electrónica, aplicados a la operación de sistemas eléctricos de potencia. ○

1. Aun cuando en el artículo se utilizaba y explicaba el método de Newton, el título escogido fue “Simplex-like” porque en el trabajo también se usó la idea de dividir las variables en básicas y no básicas, como lo hace el método Simplex de programación lineal. A la postre, esto no resultó ser una escogencia afortunada pues no hizo énfasis en lo más importante del trabajo que era la utilización del enfoque de Newton. En efecto, pasaron 10 años antes de que Tinney y sus colegas publicara un trabajo mostrando resultados de implementaciones del método de Newton muy superiores a los demás métodos en sistemas grandes de cientos de nodos.

2. En la discusión de este trabajo publicada con el artículo, de B. Stott, O. Alsac y A. Bose, se menciona que “el mismo enfoque general ha sido ensayado en escala-pequeña varias veces antes (ver especialmente [A])”. [A] corresponde al artículo.

{ BIBLIOGRAFÍA }

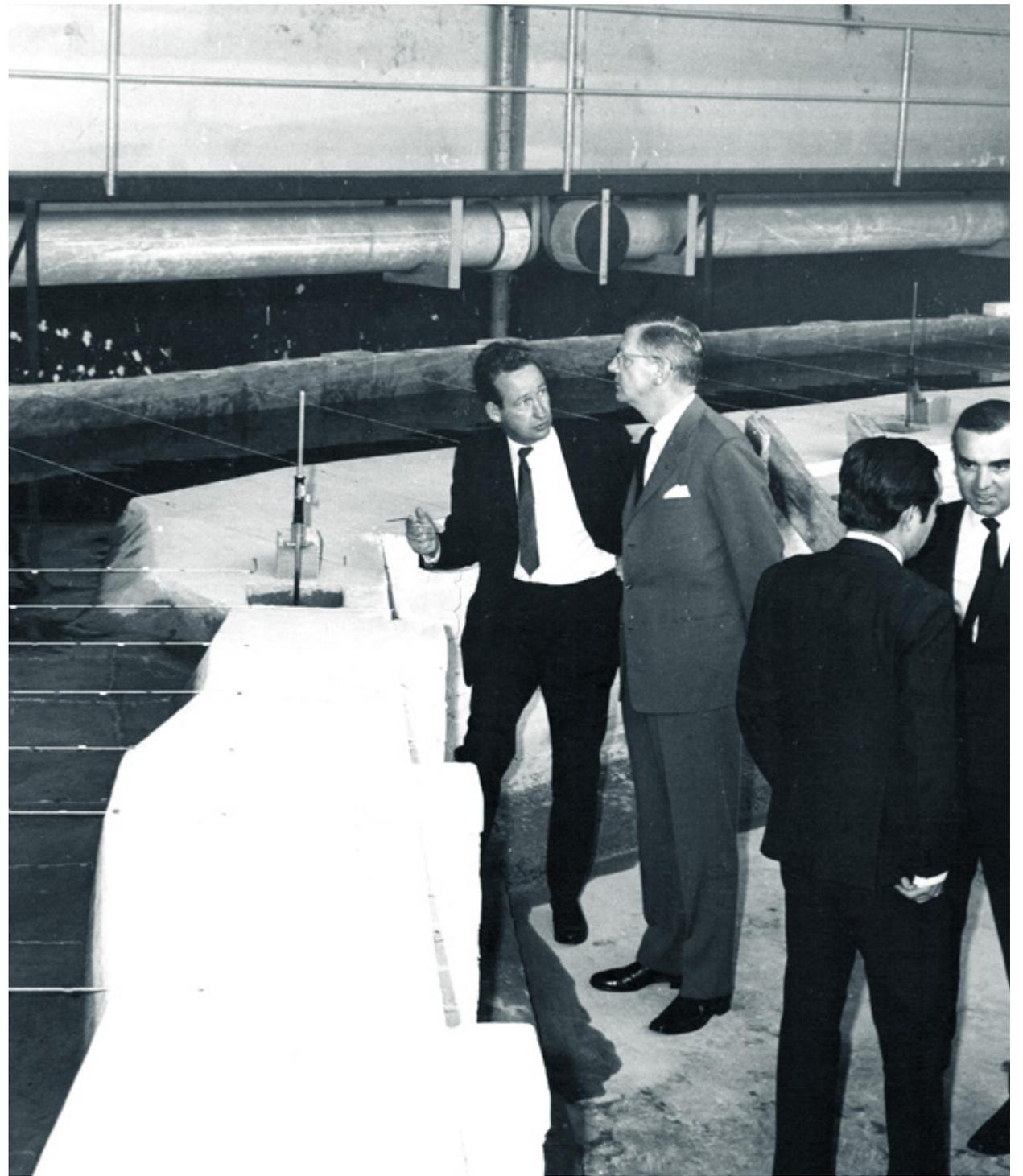
- [1] W. F. Tinney and C. E. Hart. “Power Flow Solution by Newton’s Method”, *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*. Vol. PAS-86, November 1967.
- [2] H. Durán. “Optimum Number, Location and Size of Shunt Capacitors in Radial Distribution Feeders A Dynamic Programming Approach”. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-87, September 1968
- [3] “Operación Económica de un Sistema de Potencia”. *Publicaciones de la Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes. 25 Años, Vol. I: Informe Final, Vol. II: Selección de Unidades, Vol. III: Despacho Económico*. Bogotá: DIE 73-001, 1973.
- [4] J.C. Aristizábal. “Del 650 al 360: los primeros computadores de la Facultad de Ingeniería”. *Revista de Ingeniería*. Vol. 20, Noviembre de 2004
- [5] H. Durán. “A Simplex-like Method for Solving the Optimum Power Flow Problem”. *Proceedings of the 8th Power Industry Computer Applications Conference, PICA* 1973.
- [6] D.I. Sun, B. Ashley, B. Brewer, A. Hughes, W.F. Tinney. “Optimal Power Flow by Newton Approach”. *Transactions on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-103, October 1984.

CETIH:

Historia contada a tres voces

Una vez más, la *Revista de Ingeniería* se propone recordar un hito para la ingeniería colombiana que se gestó en la Universidad de los Andes. Pero, esta vez, la historia será contada a tres voces: Carlos Angulo Galvis, Fabio Castellón y Juan Saldarriaga. Tres nombres que determinaron el origen, transformación y desaparición del Centro de Estudios Técnicos e Investigaciones Hidráulicas, más conocido como CETIH; siglas que aún hacen eco en la memoria de algunos de nuestros lectores.

La Memoria fue escrita por Laura Camacho Salgado a partir de entrevistas realizadas a Carlos Angulo Galvis, Fabio Castellón y Juan Saldarriaga.



Inauguración del Centro de Estudios Técnicos e Investigaciones Hidráulicas - CETIH. En el costado derecho Carlos Amaya y a su lado Francisco Pizano. Foto: L.A Prieto, Fototeca Universidad de los Andes.



El 2 de agosto de 1966 Ramón de Zubiría Jiménez, rector de Los Andes, firmaba en Bogotá el convenio *Proyecto de hidráulica- Universidad de los Andes- Dirección de asistencia técnica internacional del Ministerio de Asuntos Exteriores del Reino de los Países Bajos*. Con aquella firma se iniciaba uno de varios proyectos que sostuvo la universidad con los Países Bajos, en esta ocasión, bajo iniciativa del decano de ingeniería, Eduardo Aldana.

En el documento de 1966 se encuentran los objetivos que dieron vida a este proyecto; se pretendía mejorar las facilidades de enseñanza e investigación para la Facultad de Ingeniería, específicamente en los campos de la hidráulica y la hidrología, haciendo uso de modelos físicos a escala. Además, generar proyectos de investigación por contrato con entidades del sector externo, que permitieran llevar los conocimientos teóricos a la práctica. Un programa diseñado para 4 años, se prorrogó hasta 1974, en el que Los Andes no sólo contó con ayuda económica de los Países Bajos para cubrir el costo del establecimiento del laboratorio y el envío de documentación para la biblioteca, sino también con la participación de expertos holandeses a lo largo de todo el proyecto y la existencia de becas para realizar cursos de postgrado en Holanda o para trabajar en el Laboratorio de Hidráulica de Delft. En consecuencia se creó un flujo de conocimiento entre los dos países, los cuales estrecharon sus relaciones. Asimismo, como parte importante del programa, se organizaban seminarios que permitieran el intercambio de conocimiento entre profesionales de diferentes países, en los que participaron expertos internacionales como Joseph B. Franzini de la Universidad Stanford, A. Volker

de la Universidad Tecnológica de Delft y Ven Te Chow de la Universidad de Illinois.

Carlos Angulo recuerda que, cuando Eduardo Aldana lo invitó a ser el primer director del CETIH, el centro solo contaba con cuatro personas: él y los profesionales holandeses Tjerk Douma, Wubbo Boiten y Daan Gersie. Durante los dos años que estuvo, Angulo implementó en el CETIH el esquema de consultoría que usaba en su firma de ingeniería Hidroestudios “lo que hice fue establecer unas bases de contratación muy similares a las que se utilizaban en esas firmas en consulta; en las que se cobraban los costos de personal completos, se cobraban unos gastos generales y se añadía una suma adicional para reinvertir en el CETIH, asimilarla a una utilidad en el desarrollo de los trabajos” . Eran apenas los primeros años, pero Angulo ya estaba instaurando una dinámica de trabajo que determinaría el funcionamiento del centro. Poco a poco, parte por parte llegaban cajas de Holanda con las piezas del laboratorio y la documentación que construiría su biblioteca.

En aquel entonces, Fabio Castrellón viajó a Holanda para trabajar en el Laboratorio de Hidráulica de Delft, donde fue “aprendiendo a los golpes y a los tropezones” todo el funcionamiento de un modelo físico, pues recuerda que desde los primeros días, mientras enfrentaba un idioma totalmente ajeno al español, tuvo la responsabilidad de manejar un modelo hidráulico; uno de los tantos que iba a manejar durante toda su vida. Cuando volvió Castrellón a Colombia, el laboratorio de hidráulica estaba instalado en el galpón, antigua edificación que hacía parte de la Cervecería Germania, “era una serie de tuberías para alimentar

ENTRE LOS PROYECTOS QUE SE REALIZARON EN EL CETIH DESTACAN EL CANAL DEL DIQUE, LA REPRESA DE SISGA, EL LAGUITO- CARTAGENA, EL RÍO BOGOTÁ Y EL ACUEDUCTO DE ARMENIA.

los modelos hidráulicos, unas bombas, un canal de unos 40 metros de largo con 60 centímetros de ancho que tenía fines didácticos. El resto del área tenía fines comerciales; la idea era que había un pedazo que se iba a usar en las clases de hidráulica y el resto iba a ser el sitio para hacer investigaciones aplicadas con fines determinados” . Con estas palabras se hace evidente que la mayor función del CETIH era realizar investigación aplicada para el sector externo. Entre los proyectos que se realizaron se pueden recordar: el Canal del Dique, el río Chenche, el río Bugalagrande, la represa de Sisga, el Laguito- Cartagena, el río Bogotá, el río de Oro, el acueducto de Armenia, entre otros. Todos eran proyectos que partían de la Universidad de los Andes e impactaban inevitablemente a todo el país; punto en el que, para Angulo, reside la importancia del centro “Fue algo para la universidad supremamente importante, primero porque la fortaleció en un tema fundamental para el país; Colombia tiene unos recursos hídricos extraordinarios que desafortunadamente no hemos sabido aprovechar suficientemente bien. El tema de la navegación, por ejemplo, en el cual los holandeses son expertos, ha sido descuidado en país, tal como el uso de las vías fluviales. El tema del aprovechamiento juicioso de los recursos hídricos con regulación con cuidado de las cuencas, es algo fundamental para el país y en el CETIH se sentaron unas bases importantes”.

De igual manera, la universidad también influyó en el desarrollo de la hidráulica y la hidrología en las otras universidades “el CETIH fue la semilla para que otras universidades hicieran investigación aplicada” . No sería acertado decir que la Universidad de los Andes tuvo el primer laboratorio de hidráulica, pues ya existía el Laboratorio Central



El CETIH permitió desarrollar la hidráulica en el país y avanzar en modelación física en hidráulica. Foto: L.A. Prieto, Fototeca de la Universidad de los Andes.



En 1980 el CETIH pasó a ser el Laboratorio de Hidráulica-CIFI.
Foto: L.A. Prieto, Fototeca de la Universidad de los Andes.

de Hidráulica de Francia en la Universidad Nacional, que estudiaba el modelo de Buenaventura. Pero, en ese entonces, estaba dirigido por el Ministerio de Obras Públicas y luego por Hidroestudios, lo que implicaba que “era una puerta cerrada a la misma Universidad Nacional” . Por esta razón, “el CETIH jugó un papel muy importante, que fue desarrollar la hidráulica en el país, desarrollar la modelación física en hidráulica, cumpliendo un papel espectacular en el sentido de adaptar una tecnología, que finalmente fue adaptable no solo en los Andes sino en el resto de universidades de Colombia: el conocimiento se dispersó” . Por ejemplo, el conocimiento que habían adquirido los profesionales del CETIH, colaboró de manera determinante en la reapertura y puesta en operación del Laboratorio de Hidráulica de las Flores en Barranquilla.

Luego de los ocho años de trabajo conjunto con el gobierno holandés el proyecto continuó; el laboratorio contaba ya con una infraestructura física de alta calidad y sobretodo con un grupo de profesionales altamente preparados, tal como afirma Castellón: “el nivel al que llegó el CETIH era el más alto que se podía llegar con la gente que había en el país” . Resuenan aún los nombres de Gabriel Rueda, Enrique Amaya, Germán lleras, Alejandro Deeb, Jaime Iván Ordoñez, Juan Quintero, Jaime Millán, José Manuel Mejía, entre otros. Muchos de ellos, en algún momento, se desvincularon de la universidad para hacer sus propias firmas de consultoría que serían muy reconocidas en el país: “el CETIH como en su momento era tan novedoso el tema permitió que sus estudiantes y sus ex investigadores crearan una serie firmas de consultoría que fueron muy exitosas, dedicadas principalmente al tema de hidráulica” .

Paulatinamente, el esquema del laboratorio fue cambiando; los modelos físicos le abrieron paso a los modelos matemáticos. Castellón comenta que fue un giro que se dio con la posibilidad de acceder a los computadores: “los modelos matemáticos han existido siempre, digamos que no ha habido nuevas ecuaciones ni nada de esas cosas, que son las mismas del siglo XVIII de Saint Venant, lo que marcó el cambio es que se puso al alcance de los profesionales los computadores [...] No solamente era más fácil: la herramienta estaba y había gente capacitada para hacerlo” . Ya no era imprescindible un laboratorio como el del galpón, ni todos los costos que implicaba hacer un modelo físico, sino que era posible hacer la investigación desde un escritorio. Un cambio que significó un rompimiento en la manera de estudiar la hidráulica y, por lo tanto, ocasionó reacciones divididas; para algunos era fundamental seguir con los modelos físicos, para otros no se justificaba, pues argumentaban que la modelación física era muy costosa en términos de espacios de laboratorio y de horas-hombre de ingenieros.

Mientras esto sucedía, en 1980 se creó el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (CIFI), uno de sus objetivos era unificar los esquemas de prestación de servicios de los laboratorios de la facultad hacia el sector externo. En este marco administrativo, el CETIH pasó a ser el Laboratorio de Hidráulica-CIFI, para que no fuese un laboratorio



aislado e hiciese parte de este nuevo sistema. En aquel entonces, Juan Saldarriaga estaba en los últimos semestres de la carrera y recuerda cómo aún seguía la admiración por los modelos que había realizado el CETIH: “cuando entraba las primeras veces al laboratorio de hidráulica como estudiante, todavía existían los remanentes de ese modelo uno veía por ahí pedazos del río Bogotá que no había terminado de demolerse. Alguien decía ‘este es el modelo del río Bogotá’ como algo muy importante. Pero esto había ocurrido seis años antes, en 1971. Entre este año y 1980 el CETIH había seguido siendo activo en modelación física. Se realizaron los modelos de los rápidos de Bucaramanga y del proyecto hidroeléctrico de Betania” .

Según Juan Saldarriaga, la transición del CETIH al Laboratorio de Hidráulica-CIFI fue una evolución natural: “A mí me tocó esa transición, primero como monitor del laboratorio de hidráulica y luego como profesor instructor. Puede que algunas personas la hayan visto como traumática, pero si uno la mira desde el punto de vista de un profesor joven, el cambio fue natural y el laboratorio siguió funcionando sin ningún problema” . De hecho, cuenta que los proyectos para modelos seguían llegando, pues a las empresas les era indiferente que el laboratorio se llamase de una u otra forma. Entre 1980 y 1996 se hicieron los modelos físicos de los proyectos hidroeléctricos de Betania, Guabio, Porce II, Porce IV, Sogamoso y el embalse de Muña, entre otros. Con todo, la modelación matemática avanzaba inevitablemente con más rapidez.

Cabe anotar que el Laboratorio de Hidráulica-CIFI nunca tuvo el protagonismo que tuvo el CETIH. En la nueva dinámica de la Facultad de Ingeniería se desarrollaron muchos otros

centros de investigación con igual capacidad de desarrollo, de investigación e innovación. Adicionalmente, todos los profesionales que antes habían brillado habían tomado otro camino. Por otra parte, ya se había sembrado la semilla de la hidráulica y muchas universidades tenían sus propios laboratorios, razón por la cual la competencia en modelación física había aumentado y la demanda del sector externo, por este tipo de trabajos, había disminuido.

En este momento volvió a tomar un papel decisivo Angulo; paradójicamente, el primer director al ser Rector tomó la decisión de demoler el laboratorio: “Yo tuve que hacer una actividad que contrastó mucho: la primera fue construir el CETIH y la segunda fue demolerlo. Yo ayudé a construir el CETIH en el año de 1966, y cuando llegué a la rectoría nos dimos cuenta que el tema de laboratorio de hidráulica como tal era innecesario en la universidad y resolvimos darle otra utilidad al galpón.” Fue el “fin” del auge de los modelos físicos en la universidad, los grandes proyectos de hidroeléctricas habían terminado y el laboratorio de hidráulica tomó un nuevo camino. Transitoriamente se construyó un laboratorio de hidráulica en las instalaciones del que fue Centro de innovación y desarrollo tecnológico CITEC de la Facultad, ubicadas en la zona industrial de Puente Aranda, el cual funcionó entre 2003 y 2007. Durante ese tiempo se trabajó en el diseño del nuevo laboratorio de hidráulica, el cual empezó a funcionar a partir del 2008 en el edificio Mario Laserna.

Desde 1996, el nombre del laboratorio de hidráulica es CIACUA (Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados), ya no se erige como un laboratorio independiente sino un

“TUVE QUE HACER UNA ACTIVIDAD QUE CONTRASTÓ MUCHO: LA PRIMERA FUE CONSTRUIR EL CETIH Y LA SEGUNDA FUE DEMOLERLO”

Carlos Angulo, ex rector de la Universidad de los Andes.

laboratorio del departamento de ingeniería civil: “El laboratorio hoy en día, y es quizás el cambio más importante, dedicado primordialmente a investigación [...] No prestamos servicios al sector externo salvo para proyectos que tengan un componente investigativo muy grande” . Su enfoque principal es prestar servicio a la academia misma, específicamente entorno a los temas de abastecimiento, agua potable, hidroeinformática y saneamiento básico.

Actualmente, afirma Saldarriaga, la Universidad de los Andes es líder en Colombia y Latinoamérica en el tema de infraestructura hidráulica urbana, visión que no comparte Castrellón: “Hoy en día la hidráulica de la Universidad de los Andes no creo que sea mejor que cualquier otra, en esa época si era mejor” . Y Angulo piensa que para que vuelva este protagonismo de la hidráulica en los Andes se necesita que “llegue una persona nueva con ideas completamente nuevas” . Tres perspectivas diferentes que reflejan a tres personas que hablan desde tres contextos y momentos diferentes. Son, quizás, voces que expresan éxitos

incomparables en el desarrollo de la hidráulica y dan prueba de los cambios de óptica que la Facultad de Ingeniería ha tomado durante su historia.

Ahora bien, luego de esta trayectoria, es válido preguntarse si el sector externo conoce aún al CETIH, si usted, lector, conoce la historia que se acaba de contar. Ante esta pregunta Saldarriaga responde que ya nadie recuerda al CETIH, solo los ingenieros mayores, no obstante, aún existe la imagen de que la Universidad de los Andes es fuerte en hidráulica y tiene un laboratorio de hidráulica muy importante, por lo que afirma que: “En todos los casos lo que queda en la memoria colectiva no es el nombre del grupo sino el nombre de la Universidad de los Andes” . Punto con el que no está totalmente de acuerdo Castrellón, pues para él la universidad depende de las personas que la conforman y no viceversa, por lo que el CETIH fue el encuentro de unos profesionales y unas circunstancias específicas, que, aunque tuvieron como marco la universidad, su éxito dependió de las personas y estas personas ya se han ido de la institución. ○

{ BIBLIOGRAFÍA }

- [1] “Entrevista con Carlos Angulo Galvis”. Enero de 2012. Archivo *Revista de Ingeniería*.
- [2] “Entrevista con Fabio Castrellón”. Enero de 2012. Archivo *Revista de Ingeniería*.
- [3] “Entrevista con Juan Saldarriaga”. Enero de 2012. Archivo *Revista de Ingeniería*.

LA COOPERACIÓN TÉCNICA BRITÁNICA:

un gran aliado del Departamento
de Ingeniería Mecánica

Para conmemorar una iniciativa que dio madurez a la Facultad de Ingeniería, hay que recordar dónde se gestaron los esfuerzos que hicieron posible el intercambio de conocimientos y estructuración del Departamento de Mecánica de la Universidad de los Andes. La misión técnica británica es un ejemplo de cooperación que permitió articular el programa de Ingeniería Mecánica, desarrollar cursos, vincular profesionales internacionales y, a su vez, obtener fuentes de financiación para este departamento.

La Memoria fue escrita por Ana Luisa González Pinzón a partir de entrevistas realizadas a John D. Burton y Jaime Loboguerrero.



John D. Burton, ingeniero mecánico de King's College London University y protagonista de la misión técnica británica en la Universidad.
Foto: Fototeca Universidad de los Andes.

LA COOPERACIÓN TÉCNICA BRITÁNICA:

un gran aliado del departamento de Ingeniería Mecánica

A mediados de la década del sesenta la Facultad de Ingeniería se estaba preparando para una transformación educativa gracias a “la implementación del programa de emergencia” diseñado por Eduardo Aldana, decano de la Facultad de Ingeniería en ese momento y el profesor Álvaro Villaveces. El proyecto de emergencia formaba parte del “Programa de expansión de la Facultad de Ingeniería de acción inmediata” que buscaba destinar recursos para la ampliación y consolidación de los programas de Ingeniería Civil, Eléctrica, Mecánica e Industrial, específicamente. “La expansión consistía en el establecimiento en la Universidad de cuatro nuevos semestres dirigidos, por un lado, a proporcionar al estudiante los conocimientos y habilidades para resolver los problemas a los que se enfrentaba la ingeniería nacional, y por otro, a capacitarlo y estimularlo a proseguir estudios de especialización en su respectiva rama”. Fue este impulso de crecimiento el que buscó que entidades académicas internacionales prestaran orientación curricular e investigativa.

En este contexto, Eduardo Aldana le apostó a las alianzas internacionales para fortalecer los diversos programas de ingeniería e “(...) hizo la gestión para que asesores y profesores visitaran la Universidad y se iniciaran programas de cooperación técnica por parte de los gobiernos de Holanda², Francia e Inglaterra en los campos de hidráulica, Ingeniería Eléctrica, y Electrónica e Ingeniería Mecánica”. Estas visitas, realizadas a mediados de la década del sesenta, fueron el inicio de 11 años de cooperación del gobierno británico³ con la Facultad de Ingeniería de la Universidad.

Misión técnica británica

Entre las entidades académicas internacionales que se aliaron con la Universidad se destaca la misión técnica británica. La Facultad de Ingeniería promovió un vínculo educativo con

el gobierno y el Consejo Británico y formuló un programa que consistió en traer profesionales ingleses especializados en el área de Ingeniería Mecánica y Eléctrica para dictar cursos y prestar asesoría en el establecimiento del taller de mecánica. El Consejo Británico también ofreció becas a profesionales jóvenes a nivel de posgrado con la condición de que regresaran a ejercer su profesión en cargos públicos o de beneficio común.

Dos actores de la cooperación británica

La *Revista de Ingeniería* habló con John Burton, ingeniero mecánico egresado de King's College London University, quien fue uno de los protagonistas de la misión técnica británica en la Universidad de los Andes.

Burton llegó a la Universidad de los Andes gracias a una solicitud presentada por Eduardo Aldana al Consejo Británico, para vincular a la Facultad de Ingeniería a un profesor con experiencia en el área de hidráulica. Una cadena de casualidades se unieron para traer al profesor Burton como parte de la misión técnica británica a Colombia. El profesor inglés aplicó a esta vacante y envió su currículo, pese a que no tenía experiencia en docencia. A propósito de la decisión de venir a Colombia, Burton recuerda “(...) por momentos pensaba, ¿Caramba, en qué me he metido? pues nunca había practicado la docencia”. La experiencia de Burton en la industria hidráulica desarrollando bombas y su PhD en Turbomaquinaria fueron suficientes para dar cabida a un profesional que aportara conocimientos prácticos y teóricos en el área de mecánica. Sin embargo, Burton recuerda con cierto humor “seguramente ningún loco iba a meterse en semejante reto, viajar a un país lejano y desconocido y sin saber el idioma”.

El 17 de enero de 1968, John Burton arribó a Colombia. “Llegué aquí, logré conocer a Eduardo Aldana y darle las gracias por

SIENDO DECANO DE INGENIERÍA, EDUARDO ALDANA IMPULSÓ ALIANZAS INTERNACIONALES CON LOS GOBIERNOS DE HOLANDA, FRANCIA E INGLATERRA PARA FORTALECER LOS CAMPOS DE HIDRÁULICA, INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA E INGENIERÍA MECÁNICA.

2. En la Memoria de la Revista de Ingeniería No. 35 se conmemoró la cooperación técnica con Holanda conocida como CETIH.

3. La cooperación técnica británica empieza desde 1968 a 1974 con la vinculación del profesor John Burton a la Facultad de Ingeniería Mecánica, se restablece desde 1976 a 1977 con la representación de Duncan Grant vinculado al departamento de Ingeniería Eléctrica y finalmente se renueva desde 1979 hasta 1982 con el profesor John Burton que regresa como docente del programa de Ingeniería Mecánica.



LA COOPERACIÓN TÉCNICA BRITÁNICA:

un gran aliado del departamento de Ingeniería Mecánica



Duncan Grant, Andrew Vickery y Francis King. Foto: L.A. Prieto, Fototeca Universidad de los Andes.

meterme en este lío, antes de que él se fuera para Boston a estudiar su PhD en MIT (Massachusetts Institute of Technology)”

Una vez nombrado Carlos Amaya como decano de la Facultad, Burton empezó a trabajar con Francisco Rodríguez, jefe del departamento de mecánica y con Ricardo Rueda (recién egresado de Imperial College, Londres), para seleccionar las máquinas y herramientas con las que se debía dotar el taller de mecánica. Uno de los recuerdos de Burton de la Facultad era que había un computador IBM 1130. Burton añade que en la industria británica, donde había trabajado por media década, había talleres pero no computadores, por esto le impactó ver tecnología de punta en Los Andes, pese a que no había un taller y casi nada de laboratorios. La primera herramienta que importaron para el taller fue un torno Cincinnati-Hydroshift (máquina de producción). En ese momento, Burton preguntó: “¿Y por qué un torno de producción

para una universidad?” Y Ricardo Rueda agregó: “Si nadie la utiliza, una máquina de producción sería fácil de vender en la industria nacional”. Burton añade: “hasta hoy día esta máquina está trabajando en el taller”.

Tanto el taller de mecánica como el laboratorio de maquinaria hidráulica se fueron equipando poco a poco con máquinas usadas de la Universidad de Southampton, Inglaterra. Burton añade que “Selwood, la compañía inglesa donde había trabajado, nos obsequió bombas y ayudó a conseguir maquinaria en buen estado, por esto decidimos traerla a Colombia, pues queríamos máquinas usadas donde los estudiantes pudieran meter la mano. Fue así como la embajada Británica ayudó a traerlas a Bogotá”

El Consejo Británico en ese tiempo tenía el programa de *Voluntary Service Overseas* (VSO) y recibimos tres voluntarios

que entrenaron al personal en el uso de las máquinas y herramientas. “Llegaron tres jóvenes de la VSO: Francis King, técnico en talleres de la escuela técnica de Newport; Andrew Vickery, ingeniero aeronáutico de la universidad de Bath; y Duncan Grant, recién graduado de ingeniería eléctrica de la universidad de Manchester, que colaboró en el montaje del laboratorio de eléctrica e hidráulica”. Posteriormente, en 1976 Duncan Grant volvió al departamento de Ingeniería Eléctrica como parte de la misión británica hasta 1977.

Burton, en su primera estadía en la Universidad, estuvo por seis años –desde 1968 hasta el otoño de 1974–. “Estuve en Los Andes como profesor de tiempo completo. Lo que más le agradezco a la universidad es que me trató como un profesor común y corriente y desde el primer día tuve jóvenes estudiantes en mi oficina”. Uno de los recuerdos más memorables de su estadía en la Universidad fue su oficina en el bloque A, hoy en día parte de la Facultad de Derecho. Burton recuerda “yo me sentía muy orgulloso porque esa oficina anteriormente había sido ocupada por un reconocido arquitecto, Germán Samper Gnecco, quien diseñó el edificio de Avianca. Percibí entonces que mi cargo era muy importante”. De hecho, en el mismo edificio estaba un colega que hacía parte de la delegación del gobierno de Holanda, Jeep Teyema, quien había venido a montar un laboratorio en el Centro de Estudios Técnicos e Investigaciones Hidráulicas (CETIH).

Antes de regresar a Inglaterra, Burton, junto con el holandés Jeep Teyema, dictó el Seminario de Bombas y Estaciones de Bombeo, cuyo resultado quedó

LA COOPERACIÓN TÉCNICA BRITÁNICA:

un gran aliado del departamento de Ingeniería Mecánica

consignado en un libro de conferencias publicado gracias al apoyo del CETIH. En 1976 Burton regresó a Inglaterra a trabajar en la compañía inglesa Selwood y en ese año fue reconocido con el premio “The Queen’s Award for Technical Innovation”. En 1982 Burton se vinculó a la Universidad de Reading Inglaterra como profesor de tiempo completo. “Quedé convencido de ser docente, pues aprendí a ser profesor en las aulas de los Andes” , dice Burton.

Desde otro ángulo de la cooperación británica, Jaime Loboguerrero es otro de los protagonistas de esta historia como becario del Consejo Británico en la Universidad de Southampton, Inglaterra. Loboguerrero y su homólogo Álvaro Sanjinés –que se fue a Escocia– fueron seleccionados para estudiar en Gran Bretaña. Loboguerrero se fue a Southampton porque Burton conocía al profesor S. P. Hutton, especialista en hidráulica de Europa.

Antes de viajar a Inglaterra, Jaime Loboguerrero fue monitor de una de las clases de John Burton. “Yo recuerdo que John llegó a la Universidad y, como no sabía español, entonces yo me ofrecí como monitor para el curso de dinámica y le ayudé traduciéndole los exámenes. Fue así que nos conocimos” .

Loboguerrero viajó a Inglaterra en 1970 y regresó a Colombia en 1974 con un PhD en Ingeniería Mecánica. Trabajó en la Universidad de los Andes y en otras universidades del país y asesoró a grupos en el sector de la maquinaria hidráulica en la construcción de bombas, turbinas y centrales hidráulicas. A comienzos de los noventa se alió con Burton para recopilar una serie de conferencias que reunieron en la publicación *Bombas rotodinámicas y desplazamiento positivo*, cuya edición fue publicada en 1991.

John Burton y Jaime Loboguerrero hicieron parte de la consolidación del Departamento de Ingeniería Mecánica. Burton, por su parte, impulsó la apertura del taller de mecánica y trajo personal especializado que apoyó en el surgimiento de este centro de investigación práctico. Loboguerrero, por otro lado, se formó en la escuela inglesa para venir a aportar valiosos conocimientos en el área de hidráulica, que no sólo logró difundir en la academia, sino que también los proyectó en las necesidades prácticas del ámbito local con su labor de consultoría.

La cooperación inglesa duró hasta 1982 y jugó un rol clave en la consolidación de la Facultad de Ingeniería Mecánica. Asimismo, “impulsó el nacimiento de la maestría en 1969” . También fortaleció la planta docente, principal ingrediente para proyectar la Facultad y formar de manera rigurosa la oleada de ingenieros que entraban a las aulas.

La misión técnica británica, no fue proyecto aislado del Programa de expansión de la Facultad de Ingeniería que tenía la Universidad de los Andes. Detrás de este alcance educativo y de cooperación con Gran Bretaña se movieron recursos adicionales de otros países. La Fundación Ford, hizo posible la financiación de profesores: “Alrededor de US\$ 400.000 se asignaron para financiar becas para profesores, asistencia técnica, profesores visitantes y equipos para investigación y enseñanza” . Sin duda, la misión técnica británica fue un hito académico en la consolidación del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad. ○

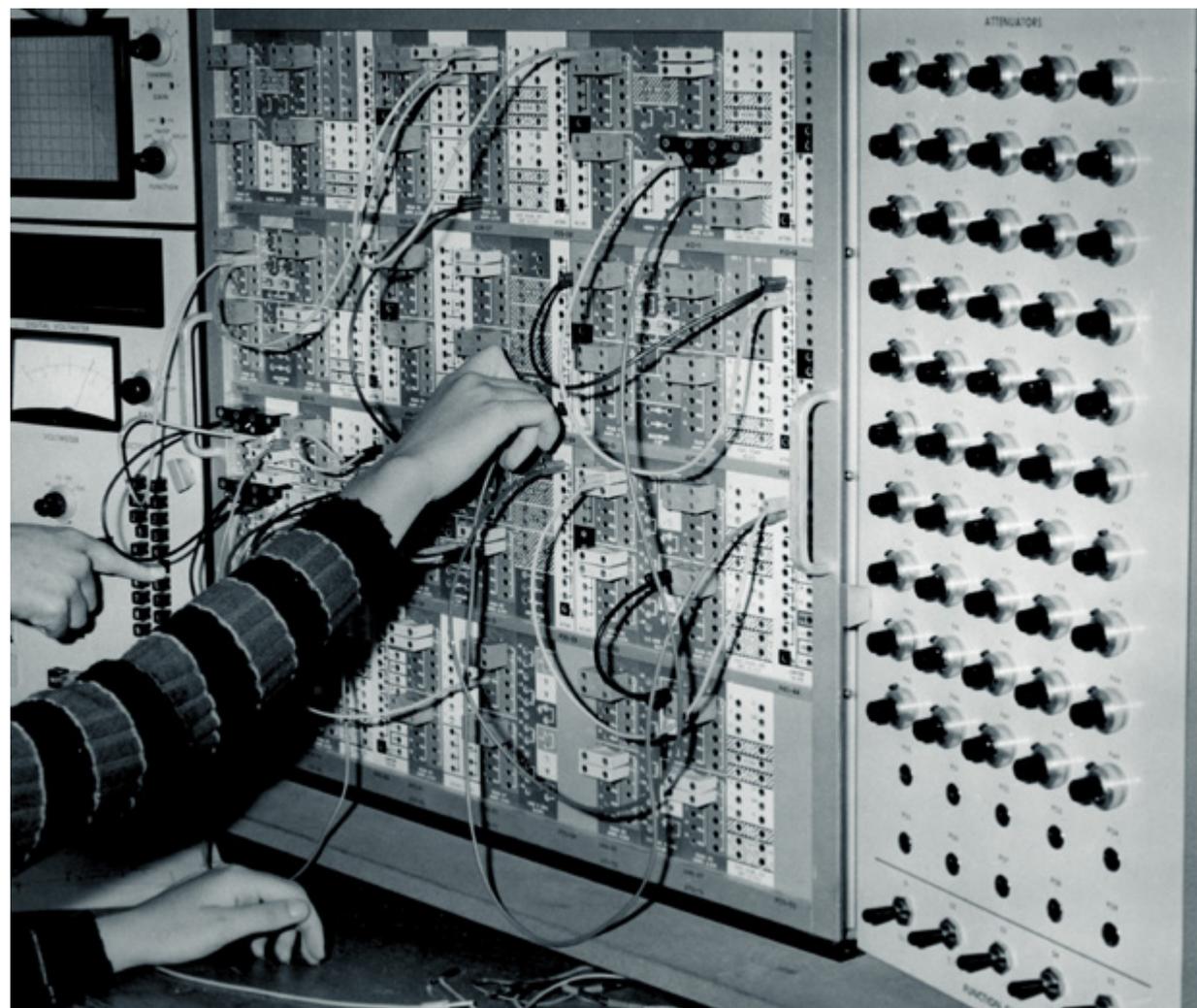
{ BIBLIOGRAFÍA }

- [1] G. A. Bell Lemus. “Consolidación de las Facultades” en *Historia de la Universidad de los Andes*. Bogotá: Universidad de los Andes, Ediciones Uniandes, 2008.
- [2] Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica *Anecdotario*. Bogotá: Ediciones Uniandes, 1998, pp- 19-20
- [3] “Entrevista con John Burton”. Diciembre de 2012. Archivo *Revista de Ingeniería*.
- [4] “Entrevista con Jaime Loboguerrero”. Diciembre de 2012. Archivo *Revista de Ingeniería*

EL “MATLAB ALAMBRAO”:

tiempos del computador análogo
en la Ingeniería

Entre los cables, el alambrado y los interruptores del computador análogo, la *Revista de Ingeniería* recuerda, a partir de varios de los protagonistas que resolvieron las ecuaciones diferenciales con el “*MatLab*” del momento, la historia del primer computador del laboratorio de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería.



La Memoria fue escrita por Ana Luisa González Pinzón a partir de entrevistas realizadas a Eugenio Betancur, Germán Cavalier y José Alberto Pérez Toro.

TR-48, primer computador análogo en la universidad de los andes. Foto: L.A Prieto, Fototeca Universidad de los Andes.



EL “MATLAB ALAMBRADO”:

tiempos del computador análogo en la Ingeniería

En 1964, cuando se puso en marcha el programa de expansión de la Facultad de Ingeniería, se propuso la compra de “solo una suficiente pero mínima cantidad de equipos e instalaciones necesarias para adecuar la formación en los campos de eléctrica, civil, mecánica e ingeniería industrial” (Universidad de los Andes, 1973). Tal equipamiento e instalaciones serían usados conjuntamente por las cuatro disciplinas (Universidad de los Andes, 1973). Dentro de estos equipos, se consideró fundamental la adquisición de un computador analógico, último desarrollo tecnológico del momento, para resolver los complejos modelos matemáticos y representar los fenómenos de la física.

Fue así como llegó a la universidad el primer computador análogo TR-48 marca EIA 680 Scientific Computing System, fabricado por la Electronic Associates, Inc de New Jersey. El costo del computador fue de US \$ 49.000 y su compra fue financiada por la Fundación Ford y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), quienes respaldaron la iniciativa de expansión de la Facultad. Este equipo sería una herramienta fundamental para estudiantes y profesores en el área del modelamiento de sistemas lineales, cuya materia de estudio era obligatoria para todas las disciplinas de Ingeniería en la Universidad de los Andes.

El modelo TR-48 fue un computador que rompió con los paradigmas de diseño computacional a mediados de los años sesenta y tuvo un papel relevante en proyectos científicos de la NASA con el desarrollo de sondas espaciales y satélites (*Computer History Museum*, 2013). La utilización del computador en la Universidad estuvo centrada en la resolución de ecuaciones diferenciales de cualquier orden: lineales o no

lineales, que definían un fenómeno. Se conectaban los cables, se ponían las resistencias a los amplificadores operacionales y salían las respuestas analógicas.

Con la llegada del computador análogo a la Universidad se cubrió una necesidad en el ámbito de la ingeniería: resolver todas las variables y fenómenos que aparecían en las redes de potencia en estado transitorio. Fueron varias las generaciones de ingenieros que durante sus estudios trabajaron con esta herramienta análoga para crear simulaciones y resolver las ecuaciones diferenciales de distintas ramas de la Ingeniería. Germán Cavelier, egresado de Ingeniería Eléctrica y José Alberto Pérez Toro, graduado de Ingeniería Industrial, nos recuerdan el valor que tuvo esta herramienta en la Facultad en la década del setenta. Asimismo, el profesor Eugenio Betancur nos cuenta desde la perspectiva de la docencia el alcance que tuvo esta herramienta en la Universidad.

Para Cavelier “el computador analógico fue una revelación porque era fascinante que hubiera una manera de simular, combinar y resolver ecuaciones diferenciales”. Este interés lo llevó a hacer su tesis de grado sobre las oscilaciones del corazón que estudió con simulaciones el impulso nervioso –la corriente que se produce en las neuronas–. Cavelier recuerda que decidió usar el computador análogo para hacer la simulación, y en sus palabras nos cuenta: “Yo quería hacer muchas simulaciones con cambios simultáneos de varios parámetros y eso era muy tedioso en el computador digital”. Su investigación de pregrado no solamente quedó en los archivos de la biblioteca sino que la retomó siguiendo el modelo con ecuaciones diferenciales en el Instituto de Tecnología de California, Caltech, en Pasadena. “Posteriormente refiné el proyecto durante mi estadía de

investigación en Caltech (1992-1993), con ayuda financiera de Colciencias y de la Universidad de los Andes, cuyo resultado fue publicado en la revista *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*² sostiene Cavelier.

Por otro lado, José Alberto Pérez Toro, egresado de Ingeniería Industrial elaboró una tesis del estudio de los modelos económicos que tuvieran analogía con la teoría de control y así simular uno de ellos para el caso real colombiano. Dicha investigación del modelo económico se simuló en el computador análogo para establecer varios cambios en las variables y parámetros (Pérez, 1992). Lo inquietante de la tesis del ingeniero fue su interés en estudiar modelos económicos aplicados a la economía colombiana. Su motor en este caso fueron las clases de macroeconomía y teoría del crecimiento que tomó en el Departamento de Economía. Él recuerda que era más fácil para un ingeniero aplicar modelos de la física y extrapolarlos a modelos de la economía. Fue así que el computador análogo fue un ingrediente clave para su investigación porque en este se podían hacer simulaciones y resolver ecuaciones diferenciales de primer, segundo y tercer grado.

Eugenio Betancur, docente de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) de Medellín, quién fue profesor visitante de la Universidad de los Andes en la Facultad de Ingeniería Eléctrica, recuerda que “Los estudiantes mostraron mucho entusiasmo con esta máquina porque era muy compacta,

2. Cavelier, G. (1996). Possible role of surface electrochemical electron-transfer and semiconductor charge transport processes in ion channel function”. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, 40(2), 197-213 DOI: 10.1016/0302-4598(95)01894-8



EL “MATLAB ALAMBRADO”:

tiempos del computador análogo en la Ingeniería

reproducía la topología de los fenómenos, interpretaba las ecuaciones diferenciales y daba respuestas inmediatas. Cada estudiante tenía su panel y una placa metálica con alambres, que es el equivalente a usar las tarjetas perforadas con el computador digital”.

El computador análogo pronto pasó a ser una máquina híbrida: “Se le agregó un controlador digital de interrupción automático a partir de una matriz de interruptores de la Graham Bell. Fue así que los estudiantes lo llamaron el computador híbrido” asegura Eugenio Betancur.

Desde la mirada de estos tres ingenieros, el computador análogo fue una muestra del potencial de esta herramienta en campos como la bioingeniería, la ingeniería industrial, eléctrica y electrónica. Incluso hoy en día el computador análogo frente a los modelos digitales no tiene rival en la simulación de ciertos escenarios, señala Germán Cavellier y agrega que “El computador análogo lo utiliza la NASA para las naves espaciales porque produce soluciones inmediatas. Lo usan para complementar el computador digital. Asimismo, la biología sintética requiere este tipo de soluciones: es un mundo análogo”.

La fiebre de la computación analógica se fue apagando con la llegada de la revolución de la microelectrónica que permitió la “popularización” de los computadores digitales que, con su tamaño, potencia y memoria, desplazaron a los computadores análogos. De esta manera el EAI- TR 48 pasó a ser una de pieza de museo en un rincón de los laboratorios de Ingeniería Eléctrica.

A finales de la década del ochenta la Universidad de los Andes le donó el computador análogo a la UPB. Klaus Meier, el director del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica en ese

momento, y Álvaro Torres profesor del mismo departamento, le sugirieron a Eugenio Betancur donar el computador analógico a la UPB de Medellín. Se hicieron los trámites y el profesor Betancur hizo el trasteo del computador. Con la donación del computador analógico, la Universidad de los Andes entró en la era y explotación del computador digital. “En ese momento Allain Gauthier, estaba usando *Stella*, un software para simular ecuaciones diferenciales en el computador digital”, sostiene Germán Cavellier.

En la UPB de Medellín el computador analógico aportó una fuente de investigación y con él se hicieron varias tesis para la solución de problemas de control de generadores y de redes eléctricas. Eugenio Betancur recuerda “una tesis de control que consistía en diseñar el control de frecuencias y el control de voltaje del diseño de las plantas de Guadalupe 4 para Empresas Públicas de Medellín”.

El mundo análogo quedó en las postrimerías del siglo pasado y poco a poco lo digital reemplazó la tecnología analógica. “El computador finalmente terminó en un museo del laboratorio de la UPB y unos estudiantes lo desarmaron para estudiar sus componentes”, agrega el profesor Betancur.

Hoy con la disponibilidad de computadores digitales, estos se han convertido en los artefactos para el modelamiento de problemas de ingeniería utilizando herramientas de software como el *MatLab* o *Mathematica*, lo que ha hecho que nos olvidemos casi por completo de los computadores analógicos. Sin embargo, en la década del sesenta, cuando el uso de los computadores digitales era un lujo con grandes limitaciones de tiempo y memoria para problemas complejos, los computadores analógicos eran una forma de alta tecnología para solucionar modelos basados en ecuaciones diferenciales. ○

{ BIBLIOGRAFÍA }

Computer History Museum. (2013). *Selling the Computer Revolution*.

“Entrevista con Eugenio Betancur”. Junio de 2013. Archivo *Revista de Ingeniería*.

Entrevista con Germán Cavellier”. Junio de 2013. Archivo *Revista de Ingeniería*.

“Entrevista con José Alberto Pérez Toro”. Julio de 2013. Archivo *Revista de Ingeniería*.

Universidad de los Andes. (1973). Ford Foundation Grant No. 65-307, final Report FI 73-010, Bogotá: Universidad de los andes, Facultad de Ingeniería.

Pérez, Toro. J. A. (1971). *Estudio sobre la aplicación de la teoría del control en el campo de la planeación económica*. (Tesis de progrado). Universidad de los Andes, Bogotá.





4

Contenidos

LA FACULTAD y el sector externo

· Capítulo 4 ·

UNA COMUNIDAD DE TALENTO ÚNICA

comprometida con el progreso del país



Por: Jorge Acevedo Bohórquez

Profesor asociado. Departamento de Ingeniería Industrial.
Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.

La Facultad de Ingeniería ha sido parte central de la Universidad de los Andes. Desde el comienzo se vio enriquecida por la formación humanista que impregna los currículos uniandinos, pero también por la temprana decisión de organizar sus programas de manera que los estudiantes cursaran sus primeros años en la sede de la universidad, y después viajaran a universidades de primera categoría en Estados Unidos a culminar los dos últimos años. Esto marcó muy positivamente a la Facultad, que se vio forzada a impartir desde el inicio una educación de la mayor calidad para preparar a sus estudiantes a enfrentar con éxito el reto de competir en igualdad de condiciones con los estudiantes norteamericanos.

Al regreso, varios exalumnos sobresalientes, algunos de ellos con posgrados, llegaron a reforzar el equipo docente de la Facultad. Poco tiempo después, fueron protagónicos en la decisión de adelantar un ambicioso plan de desarrollo de la Facultad y ofrecer en su sede la totalidad del pregrado.

Así, desde el inicio, muchos de sus profesores mantuvieron valiosos contactos con colegas y profesores en las universidades norteamericanas, y llegaron con los conocimientos avanzados en las últimas herramientas tecnológicas y docentes.

El influjo de este grupo sobre sus colegas en Uniandes y en otras universidades colombianas e igualmente, sobre la práctica de la ingeniería local y las políticas públicas asociadas al ejercicio de la profesión, ha sido muy importante.

El cuerpo académico de la Facultad constituye una comunidad de talento única en Colombia. El conocimiento, experiencia, creatividad, generosidad y





LOS ARTÍCULOS DE MEMORIA QUE ACOMPAÑAN CADA NÚMERO DE LA REVISTA DE INGENIERÍA SE REFIEREN A DISTINTOS TEMAS EN DONDE SE DESTACA LA CONTRIBUCIÓN DE LA FACULTAD AL EJERCICIO DE LA PROFESIÓN.

compromiso de sus profesores y estudiantes podría ser una fuente muy poderosa de apoyo al gobierno nacional, a los gobiernos locales y a las personas y entidades de toda índole que trabajan en la prestación de servicios a los colombianos, desde la ingeniería. Ese apoyo podría ir desde el análisis de los grandes problemas, la identificación y definición de políticas públicas, la identificación de programas y proyectos de acción, la ejecución de esos proyectos, los análisis de evaluación de resultados, y los ajustes y mejoras a políticas, programas y proyectos.

Los artículos de *Memoria* que acompañan cada número de la *Revista de Ingeniería* se refieren a distintos temas en donde se destaca la contribución de la Facultad, en cabeza de algunos de sus profesores, al ejercicio de la profesión. Entre estos artículos hay un subconjunto que, por los temas que tratan, lo hemos clasificado como “relaciones con el sector externo”. A ellos se refiere esta breve introducción.

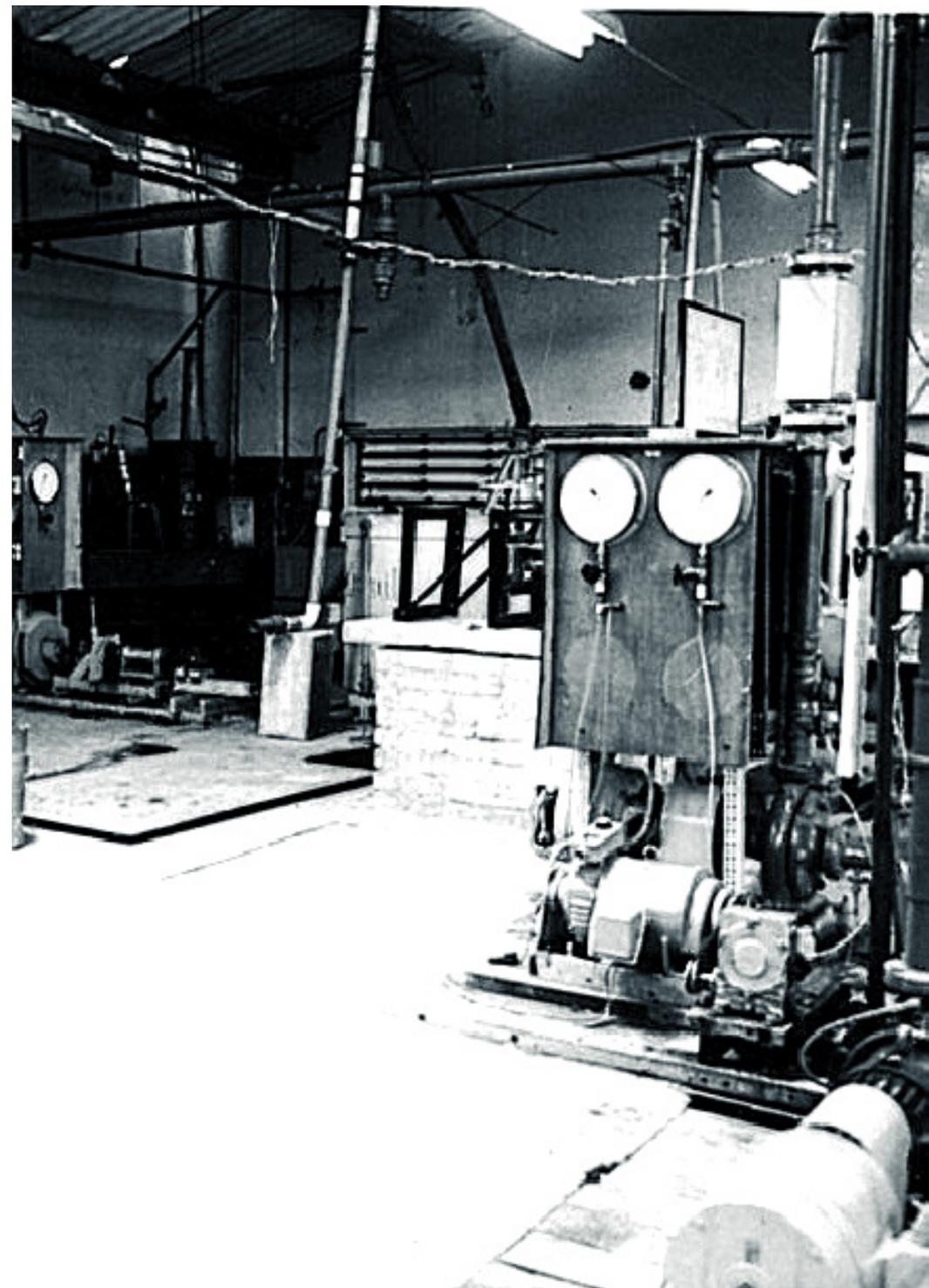
Estos artículos abarcan asuntos muy variados. Relatan el papel de la Facultad en la creación y desarrollo de varias asociaciones profesionales; el inicio y auge que tuvo la ingeniería de consulta en Colombia; la elaboración del primer código de construcción nacional; el análisis multidisciplinario de diversos problemas de la administración de justicia en Colombia; la fabricación del primer circuito integrado de diseño colombiano. Otros artículos de este grupo relatan las experiencias muy positivas de un programa de cooperación entre la Universidad y Francia en el desarrollo del programa de ingeniería de sistemas; un convenio de colaboración entre la Universidad de Naciones Unidas y Uniandes para fortalecer el aprendizaje en temas energéticos en América Latina; y la historia misma de la *Revista de Ingeniería* que, a lo largo de los últimos 27 años, ha cumplido una muy destacable labor de difusión. ○



Los inicios de

LA INGENIERÍA DE CONSULTA EN COLOMBIA

A finales de la década del cuarenta, soplaron vientos de cambio en la ingeniería colombiana. La escuela de enseñanza de la ingeniería anglosajona y americana irrumpió en nuestro medio y permitió hacer un contraste con el modelo francés, imperante durante la primera mitad del siglo XX; aparecieron programas de ingeniería especializada tales como eléctrica, mecánica y química; y, además, tuvo lugar el surgimiento de la Ingeniería de Consulta en el mercado profesional, lo cual permitió una nueva mirada al desarrollo tecnológico del país.



Laboratorio de Mecánica. Foto: Fototeca. Universidad de los Andes.



LA INGENIERÍA DE CONSULTA EN COLOMBIA

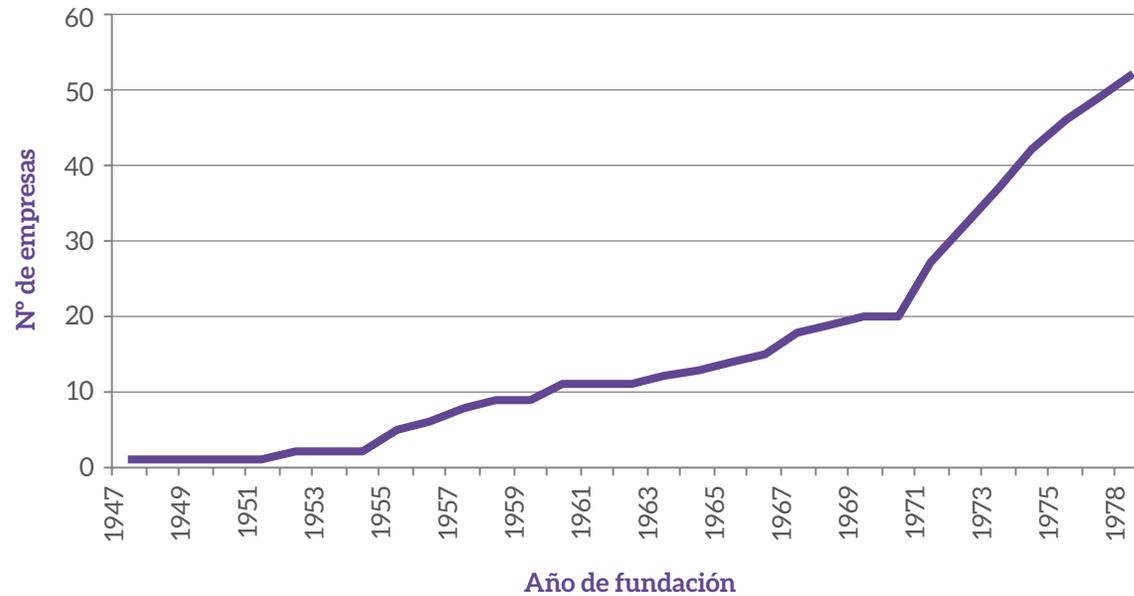
Como parte de la memoria que queremos construir desde la *Revista de Ingeniería*, en ésta ocasión consideramos la aparición de las firmas de consultoría en nuestro medio, proceso en el que la ingeniería uniandina jugó un papel importante. El artículo que presentamos a continuación es producto del análisis de los datos obtenidos, principalmente, de fuentes documentales como los Registros Mercantiles inscritos ante la Cámara de Comercio de Bogotá y los directorios de empresas de consultoría afiliadas a la desaparecida Asociación de Ingenieros Consultores Colombianos AICO. Así mismo, retomamos especialmente los puntos de vista de dos de los consultores pioneros en nuestro país: Álvaro Salgado Farias, exdecano de la Facultad de Ingeniería y exrector de la Universidad de los Andes (1970- 1972), y Carlos Angulo Galvis, actual rector y, por muchos años, profesor de la Facultad.

De acuerdo con las fuentes consultadas, las primeras empresas aparecieron a finales de los cuarenta (Figura 1), para llenar el espacio dejado por firmas asesoras extranjeras en campos especializados, particularmente los relacionados con proyectos hídricos y de generación de energía, en momentos en que la nación entraba en una fase de expansión del sector eléctrico y se desarrollaban grandes obras de infraestructura.

La ingeniería de consulta se inició en nuestro país siguiendo el modelo anglosajón, el cual se incorporó en la ingeniería colombiana a través de los ingenieros nacionales especializados en Estados Unidos e Inglaterra, que habían hecho estudios en áreas como la generación eléctrica o en mecánica y que regresaron a trabajar en empresas del sector público o en firmas de consultoría extranjeras que prestaban servicios en el país.

Al respecto, Álvaro Salgado anota: “A pesar de que en Colombia se inició la ingeniería por el lado científico, terminamos aceptando el modelo sajón. Y éste dio inicio a la ingeniería de consulta, ya que la consultoría americana combinaba todas las posibilidades al realizar un proyecto, el cual requería (o requiere) de la experiencia de varios especialistas y de diversas disciplinas. En Colombia, estas disciplinas no se habían desarrollado aún,

FIGURA 1 Firmas Consultoras



LA INGENIERÍA DE CONSULTA EN COLOMBIA

pues lo que en realidad se enseñaba era ingeniería civil. En los primeros años de la década del cincuenta, la ingeniería comenzó su apertura, cuando la Universidad Industrial de Santander abrió los programas de ingeniería eléctrica y mecánica, y cuando la Universidad de los Andes empezó su reforma curricular en la enseñanza de la ingeniería”.

En ese sentido, Carlos Angulo afirma: “El esquema de consultoría en ingeniería original fue un esquema británico —donde hubo y hay una gran tradición de consultoría, el cual fue recogido y refinado por los americanos en su sistema de educación superior. A su vez, las firmas colombianas se basaban en el sistema anglosajón pues varios de sus ingenieros —como Carlos Ospina, graduado en la Universidad de Berkeley y fundador de la firma OLAP—se habían formado en Estados Unidos o, tras terminar su pregrado en Colombia, habían hecho posgrados en el exterior. Esto explica también por qué el esquema francés no había producido antes los resultados que produjo el modelo anglosajón”.

Dos ejemplos de esas primeras firmas son INGETEC, fundada en 1947 en Bogotá, e INTEGRAL, fundada en 1952 en Medellín. INGETEC nació de la división de la compañía OLAP en dos empresas: una dedica a la construcción y otra dedicada a la consultoría; lo cual solucionaba los conflictos que aparecían al realizar una sola empresa las dos actividades. Carlos Angulo recuerda al respecto: “En otros países no había diferenciación entre consultoría y construcción. En Colombia ocurría lo contrario: había una clara diferenciación aunque existían algunas empresas que se dedicaban a ambas cosas. El caso más representativo de esta combinación de actividades fue OLAP,

que hacía diseño y construcción, y que, finalmente, se separó en OLAP Ingeniería y OLAP Construcción. Lo que fue OLAP Ingeniería pasó a ser INGETEC”.

INTEGRAL nació de un grupo de ingenieros, egresados principalmente de la Escuela de Minas y con maestrías en Estados Unidos, quienes iniciaron la empresa para prestar la labor de consultoría necesaria para el desarrollo de las Empresas Públicas de Medellín, EPM. Recuerda Álvaro Salgado cómo “con el trabajo de José Tejada Sáenz y Oscar Mejía Vallejo, entre otros, se estableció INTEGRAL desarrollando proyectos con énfasis en la generación hidroeléctrica, pero también haciendo ingeniería de vías y carreteras, y planeación de acueductos y alcantarillados”.

Por otra parte, a partir de los años cincuenta, el reciente cambio de enfoque en la educación de la Ingeniería introducido por la Universidad de los Andes, sumado al retorno al país de los ingenieros colombianos con títulos de posgrado en el exterior, reforzó la corriente de la ingeniería de consulta, fortaleciendo las firmas existentes y creando nuevas empresas. Estas firmas, utilizaban como principal capital a sus ingenieros, por lo que se convirtieron en escuelas de ingeniería.

Así, la ejecución de estos grandes proyectos permitió el desarrollo de la empresa de consultoría como escuela, pues en la planeación de un proyecto se requería de tiempo y de un equipo que se aproximara al plan de trabajo desde diferentes disciplinas. Por ello, el esquema adoptado por las empresas de ingeniería de consulta de esos años fue también un proyecto de formación de ingenieros, en la medida en que se compartía y generaba nuevo

“EL ESQUEMA DE CONSULTORÍA EN INGENIERÍA ORIGINAL FUE UN ESQUEMA BRITÁNICO”



Entrevista a Carlos Angulo

conocimiento, como recuerda Álvaro Salgado: “había también en la ingeniería de consulta una formación de escuela, de empresa y de conocimiento; por ejemplo, cuando se contrataban ingenieros extranjeros, éstos enseñaban su saber a los ingenieros colombianos. Este elemento le dio un empujón muy importante a la ingeniería porque había una apropiación de conocimiento”. En este mismo sentido comenta Carlos Angulo: “los proyectos hidroeléctricos, por ejemplo, desarrollaron una empresa-escuela. El desarrollo de uno de estos proyectos demandaba mucho tiempo y además un equipo de trabajo interdisciplinario, lo cual permitía compartir el conocimiento y que los jóvenes ingenieros aprendieran y formaran escuela. Lastimosamente, hoy en día esto ya no ocurre debido, entre otras cosas, a que los proyectos son de muy corta duración”.

Otra de las características fundamentales de la consultoría de aquellos días fue este nuevo capital humano, ya que proveía múltiples perspectivas en el manejo de proyectos que necesitaban la combinación de especialistas. Así mismo, para las firmas de consultoría era fundamental la forma en que se establecía el proceso de adjudicación para el diseño de un proyecto. “En los años sesenta y setenta, se trataba de un proceso de méritos —recuerda Carlos Angulo— las compañías de ingeniería podían formar sólidos equipos de trabajo de acuerdo con los requerimientos y especificaciones del proyecto que, en últimas, se habían consolidado por medio de ese carácter formativo de la empresa”.

Dentro del auge de las empresas de consultoría en los años sesenta y setenta, fue fundamental la consolidación y formación de la

Asociación de Ingenieros Consultores Colombianos AICO, en octubre de 1961. Por medio de la asociación, se discutían temas trascendentales para el desarrollo de la ingeniería de consulta, a la vez que se establecían las prioridades para incluir dentro de la agenda pública nacional. AICO promovió la iniciativa de establecer concursos de sistemas de ingeniería a la vez que fomentó la consolidación de empresas de consultoría, cuyo incremento en la década de los sesenta es notorio (Figura 1). En este periodo, la política de otras universidades, como la Universidad Nacional, había llevado también a fomentar que sus profesores obtuvieran título de posgrado en los Estados Unidos y su regreso contribuyó a la consolidación de la ingeniería de consulta.

Durante dicho período, la consultoría en ingeniería tuvo su auge principal debido también al buen momento de la política económica de apertura, que favoreció la formación de consorcios en los que se asociaban firmas extranjeras y nacionales. La transferencia de tecnología, entonces, fue enorme pues el conocimiento extranjero se quedó en manos nacionales, de tal forma que para proyectos venideros estas asociaciones no fueron necesarias.

El aporte de las primeras empresas de consultoría al desarrollo de la ingeniería en el país fue y es innegable. Y, aunque el estado actual de la consultoría en ingeniería difiere mucho de esa primera etapa (como puede verse en el dossier de esta edición), es conveniente recordarla, evaluarla y retomar aquello que se ha perdido y que podría hoy reintroducirse en beneficio de la ingeniería, de los jóvenes egresados y del desarrollo del país. ○

“HABÍA TAMBIÉN EN LA INGENIERÍA DE CONSULTA UNA FORMACIÓN DE ESCUELA, DE EMPRESA Y DE CONOCIMIENTO”



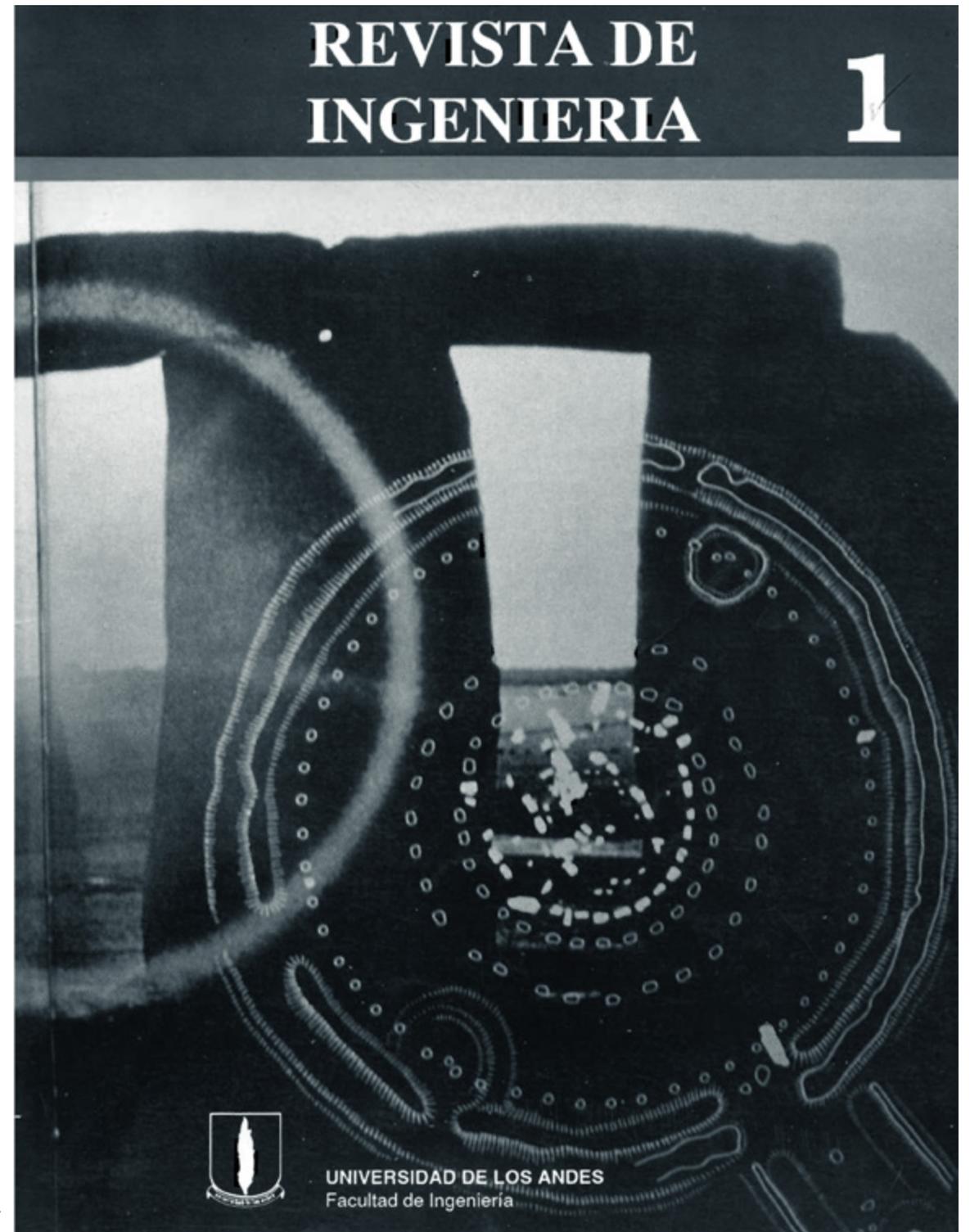
Entrevista a Álvaro Salgado

REVISTA DE INGENIERÍA 20 AÑOS

(1991 - 2011)

Para celebrar sus 20 años de existencia, la Revista de Ingeniería comparte con sus lectores la historia de su creación.

La Memoria fue escrita por Paola Estrella Bolaños.



Portada del primer ejemplar de la Revista de Ingeniería, publicado en 1991. Foto: Archivo particular Revista de Ingeniería

En 1991, siendo Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes Alberto Sarria Molina y Vicedecano José Rafael Toro, se creó la *Revista de Ingeniería*, cuyo primer número fue publicado en el mes de julio. Como una manera de celebrar estos 20 años de existencia, la *Revista de Ingeniería* quiere compartir con sus lectores la historia de su creación.

En la década de los 90, en Colombia comenzaban a formarse los primeros grupos de investigación avalados por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias, a los cuales se le asignó importantes proyectos de investigación. Lo anterior, hizo que profesores e investigadores de estos grupos se vieran en la necesidad de escribir y publicar acerca de sus trabajos. En este contexto, era indispensable contar con órganos de difusión de la literatura científica en el área de ingeniería.

Con anterioridad a esta década, la Universidad de los Andes no contaba con publicaciones periódicas; incluso, su hemeroteca era aún incipiente. Recuerda José Rafael Toro, primer editor de la *Revista de Ingeniería*: “Como una antesala a la creación de la *Revista de Ingeniería*, puede concebirse la publicación de los llamados «Memorandos del CIFI», que eran una versión uniandina de los *working papers*, ideados por el profesor Ernesto Lleras cuando era el director del Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería – CIFI. Ante esta naciente actividad investigativa y ante el creciente interés de publicar y difundir el conocimiento, se decidió fundar una revista, cuya motivación principal fuera estimular aún más la escritura dentro de la Facultad”.

La *Revista de Ingeniería*, en sus inicios, tenía un carácter mixto: divulgativo y técnico. Se podían encontrar publicados artículos

meramente de opinión y otros más técnicos de investigación en sus cuatro secciones. La primera, *Investigación*, tenía como objetivo: “divulgar el trabajo de investigación y desarrollo que se haga en esta Facultad y otras Facultades de Ingeniería del país (...) y aumentar los mecanismos de comunicación de la comunidad científico-tecnológica en el país” . La segunda, *Opinión*, se proponía ser: “un espacio abierto a la discusión de temas importantes en la vida de la Ingeniería Colombiana, su práctica y su docencia” . *Resúmenes de Investigación e Información*, tercera y cuarta secciones, presentaban los trabajos e investigaciones de los diferentes Departamentos, las novedades editoriales de la Facultad y los cursos que se ofrecían. Así pues, la revista apuntaba a un público amplio de ingenieros ya que su propósito inicial no era dirigirse a especialistas de un ámbito del conocimiento.

Durante los primeros años de la *Revista de Ingeniería*, el trabajo editorial fue solitario. José Rafael Toro, llamado en ese entonces Coordinador Editorial, realizaba todas las labores de un editor e incluso, muchas veces, las de evaluador. Contaba sólo con el apoyo de Stella Sánchez, responsable del diseño de las portadas y de su diagramación interna. Cabe recordar que desde su primer número, la *Revista de Ingeniería* tenía un Comité Editorial conformado por profesores de todos los departamentos de la Facultad de Ingeniería, no obstante, sus miembros no tenían mayor injerencia en el trabajo editorial que requería esta nueva publicación.

Tras su creación, el mayor interés del editor de la *Revista de Ingeniería* y de la Facultad de Ingeniería giraba en torno impedir su desaparición, como solía ocurrir con las revistas que buscaban su autosostenibilidad a toda costa o como aquéllas que perdían el impulso tras la publicación de sus

primeros números. Al tener clara la necesidad de contar con un mecanismo de comunicación que tuviera permanencia, fue la misma Facultad quien se comprometió a sostenerla económicamente y mantenerla en el tiempo.

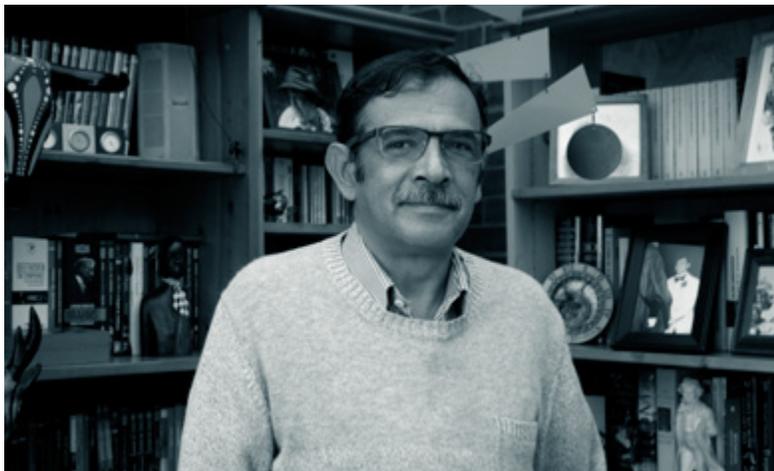
Unavez solucionada la problemática de la financiación –menciona Toro– el trabajo más arduo consistió en mantener el ritmo de publicación: “El reto de los primeros cuatro años fue arrancar la revista, determinar sus secciones, conseguir autores (quienes recibían la invitación de escribir y la aceptaban casi como un favor personal) e incentivar, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes y en el medio colombiano, la naciente cultura de la publicación de artículos. Incluso, una vez conseguidos los manuscritos, se les solicitaba a algunos profesores de la Facultad revisar su contenido, sin que existiera un mecanismo articulado de evaluación”.

Con el retiro de José Rafael Toro de su cargo como Vicedecano en 1994, el cargo de “Coordinador Editorial” de la *Revista de Ingeniería* quedó vacante. Alberto Sarria Molina asumió el reto de darle continuidad a esta publicación, ya que –como Decano de la Facultad de Ingeniería (función que cumplió hasta 1997)– conocía la historia y la situación de la revista; además, había sido un asiduo colaborador en sus primeros años, como autor, como revisor y como intermediario para recaudar artículos. Para Sarria: “esta publicación era un proyecto de gran importancia para la Universidad y para la Facultad



REVISTA DE INGENIERÍA 20 AÑOS

(1991 - 2011)



José Rafael Toro, primer editor de la Revista de Ingeniería.
Foto: Archivo Revista de Ingeniería

de Ingeniería; por lo cual, tratamos de impulsarla y nos pusimos como meta primordial respetar su periodicidad” . Según Sarria –cuyo cargo empezó a titularse “Editor”– la periodicidad y la estabilidad le darían seriedad a la publicación, pues el nacimiento y la pronta muerte de las revistas académicas era un mal común del que adolecían muchos proyectos editoriales: “Esperábamos que la revista se convirtiera en un órgano sobresaliente de la Facultad de Ingeniería, sabíamos que eso tomaría algún tiempo, pero que terminaría ocurriendo”.

La situación de este segundo editor no fue muy distinta a la del primero: pedía personalmente artículos, notas de prensa, resúmenes de investigación y evaluaciones. Además de esta labor, debía incluso hacerle corrección ortográfica a todo aquello que se imprimiría, revisar con lupa la diagramación



Alberto Sarria, sucesor de José Rafael Toro como Editor de la Revista de Ingeniería.
Foto: Oficina de Comunicaciones de la Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes.

de la revista y encargase de las primeras suscripciones. Sarria contaba con la colaboración de Luisa Fernanda Lesmes, secretaria general de la Facultad, quien hasta 1996 se encargó de la parte operacional de la revista, mientras se responsabilizaba de la parte financiera de la Facultad de Ingeniería. A partir de 1996, Rosmary Castro, la secretaria del Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico - CITEC, fue la encargada de esta labor operativa, no porque fuera parte de su trabajo, sino porque le tomó especial cariño a la revista y deseaba ayudar al profesor Sarria.

El mayor esfuerzo de esta segunda etapa consistió en dar a conocer a la *Revista de Ingeniería* fuera de su “casa editorial”, con el propósito de publicar no solo a la comunidad uniandina sino a la comunidad local e incluso internacional. Se esperaba



Antonio García Roza. Foto: Oficina de Comunicaciones. Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes.

que la calidad de la revista atrajera investigadores sin necesidad de invitarlos. Así pues, gracias a sus conexiones fuera de la Universidad de los Andes, Alberto Sarria Molina logró publicar artículos de fuera del país y contar incluso con revisores externos¹. Como política editorial y acercándose más a las publicaciones internacionales, en la edición No. 10 del año 1999, se publicaron por primera vez algunos artículos con resumen y palabras claves.

Entre los años 1994 y 2000 –dado el contexto colombiano en el que poco se conocía de otras publicaciones de ciencia y tecnología similares, y puesto que no existían proyectos como Publindex de Colciencias– otro objetivo consistió en obtener



retroalimentación del trabajo editorial y de la calidad de la revista, tanto de los lectores como de sus pares. Afirma Sarria: “En un futuro cercano, ¿quién me dice si esta publicación vale o no la pena? En caso de que la respuesta fuera positiva, se sabía que habría siempre una población esperando publicar en ella y se garantizaría la continuidad de la *Revista de Ingeniería*; pero, en caso de que la respuesta fuera negativa, debía trabajarse a toda marcha en hacer que lo valiera, que fuera competitiva. Compararse con los pares y con las revistas internacionales fue, entonces, una meta”.

En este sentido, en el año 2002, se creó el Sistema Nacional de Indexación de Revistas Especializadas de Ciencia, Tecnología e Innovación - Publindex, adscrito a Colciencias, con el fin de establecer condiciones y requisitos para medir la calidad de publicaciones seriadas colombianas, indexarlas y homologarlas. La *Revista de Ingeniería* logró ser indexada en este sistema, con el que se empezaba la cultura de la visibilidad de la ciencia y la tecnología en Colombia.

En el año 2004, con la jubilación de Alberto Sarria, tomó el papel de editor Antonio García Rozo, profesor titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. García Rozo le solicitó a la Facultad de Ingeniería contar con un asistente que, en lo posible, perteneciera a la Facultad de Artes y Humanidades y que tuviera conocimientos de escritura y de edición. La entonces Decana de esa Facultad, Claudia Montilla, y la directora del Departamento de Literatura, María Luisa Ortega, buscaron un perfil que se acercara a los requerimientos de la revista y recomendaron la contratación de Juanita Aristizábal, egresada de este programa, como Coordinadora

Editorial, quien estuvo vinculada hasta el 2005. Siguiendo con la política de mejorar la calidad editorial de la revista, a partir de ese año, fue vinculada la literata Paola Estrella, quien de su trabajo con la *Revista de Ingeniería*, culminó sus estudios de maestría. A partir de 2011, se cuenta con el trabajo de Laura Camacho, egresada también del programa de Literatura de Uniandes.

En esta tercera etapa, la *Revista de Ingeniería* conservó las generalidades de las dos secciones principales que tuvo desde su origen (*Investigación y Opinión*), aunque cambiaron su nominación y su propósito. La *Sección Técnica* aún hoy incluye artículos originales e inéditos de investigación científica y tecnológica sobre diversos temas de ingeniería. *El Dossier*, creado al estilo de las revistas de ciencias sociales, se ideó como paquetes especializados, que trataran temas nacionales y regionales, con el propósito de darle a la publicación un perfil particular que la distinguiera de las otras revistas de ingeniería del país y de la región. Se instauró, además, una tercera sección llamada *Memoria*, en la que se recuerdan hitos de la ingeniería que surgieron desde la Universidad de los Andes, no con el espíritu de hacer “historia”, sino de dejar constancia de algunos hechos en caso de que se necesite trabajarlos en el futuro.

Atendiendo los requerimientos internacionales de calidad de las publicaciones académicas de ciencia y tecnología, la *Revista de Ingeniería* ha variado tanto en su forma como en sus contenidos. Por esa razón, se creó el primer Comité Científico y se reforzó el Comité Editorial, con miembros no sólo de Uniandes, sino nacionales e internacionales, los cuales trabajan a la par con el Editor y el Editor Invitado (este

último encargado de los contenidos de cada *Dossier* y que cambia entre una y otra edición) tanto en la formulación de política editorial, como la selección de temas, artículos que se publican, autores y evaluadores.

“Una de las primeras metas –cuenta Antonio García Rozo– consistió en la formulación de política editorial para la recepción y la revisión de artículos: crear unas pautas permanentes y conseguir autores y evaluadores con ciertas características académicas que dieran cuenta de la calidad que deseaba alcanzar la *Revista de Ingeniería*”. Incluso, hoy en día la revista cuenta con una base de datos de evaluadores y demás colaboradores, con el fin de mejorar los procesos editoriales. Así mismo, la *Revista de Ingeniería* se ha puesto al día con temas legales como el cumplimiento de los derechos de autor, la firma de autorización de publicación, entre otros.

Otro de los retos ha sido dejar de ser una revista que publica principalmente a los profesores de la Universidad de los Andes, para llegar ser un órgano de difusión nacional e internacional, como ocurre actualmente. Por tanto, se publican títulos, resúmenes y palabras claves, tanto en inglés como español, y se publican artículos en cualquiera de estos dos idiomas.

En 2004, se logró la reindexación de la revista en Publindex de Colciencias, pues este proceso no se

1. El primer artículo internacional publicado fue “Power quality issues in South America: Present reality and future opportunities” en la edición 5, de Abril de 1995, pp. 10-15.

había renovado tras la primera aceptación en el año 2000. Al cumplir con los requerimientos de calidad editorial y científica exigidos por ellos durante estos últimos años –exogamia, tipo y el número de artículos requeridos, calidad de los evaluadores etc.–, la revista ha logrado ser clasificada en la Categoría A2. Así mismo, de cara frente a la necesidad de obtener visibilidad y reconocimiento, se ha logrado la indexación en bases e índices como SciELO, Redalyc, Latindex, Periódica, Actualidad Iberoamericana, Informe Académico de Gale Cengage Learning, Fuente Académica de EBSCO, Oceanet (Editorial Océano) y DOAJ.

Además de la publicación en papel –que cuenta con el ISSN 0121-4993 desde 1991–, el comité editorial de la *Revista de Ingeniería* decidió subir todos sus contenidos a la red desde el año 2000. Debido a los objetivos de visibilidad e internacionalización propuestos, se solicitó en el año 2007 el E-ISSN 2011-0049 de la revista. Desde el año 2005, la revista virtual cuenta con un sistema de suscripciones y de conteo visitas y de descarga de archivos (al día de hoy la revista tiene más de 600.000 visitas y cuenta con más de 1000 suscriptores). A partir del año 2010, la revista electrónica tiene dos versiones: español e inglés, a nivel de información básica de la revista, información para autores y títulos, resúmenes y palabras claves de los artículos.

Por otra parte, en el mes de octubre del año 2009, por invitación de la *Revista de Ingeniería*, se realizó una reunión con los representantes de once de las revistas que cubren el área de la ingeniería existentes en Colombia, con el propósito de reflexionar y compartir temas comunes al trabajo editorial.

Como producto de este encuentro y tras el unánime interés de los participantes, se acordó crear la “Red Colombiana de Revistas de Ingeniería – RCRI”, un organismo conformado por más de 40 revistas cuyo propósito es fortalecer la integración, el desarrollo de mecanismos de cooperación y la búsqueda de la excelencia en la labor editorial. “Uno de los objetivos puntuales de la RCRI –afirma García Rozo– es profesionalizar la labor del editor y de su equipo editorial. Las exigencias actuales a los editores no permiten que se trate únicamente del trabajo quijotesco de un profesor al que no se le brinde descarga académica y que trabaje solo y por un tiempo parcial. Debe tratarse de alguien que conozca el movimiento editorial nacional e internacional, que publique, que sepa y entienda de bibliometría y cienciometría, que esté continuamente capacitándose y que, además, investigue y publique sus propios resultados de investigación en revistas pares a las que edita”.

Tanto Toro como Sarria han seguido colaborando constantemente con la *Revista de Ingeniería* y no se han desligado en ningún momento de ella: siguen siendo evaluadores, recomiendan revisores y reciben consultas del equipo editorial. En concordancia con Alberto Sarria Molina y Antonio García Rozo, sobre el futuro de la publicación, José Rafael Toro afirma: “la evolución de la *Revista de Ingeniería* es una buena mira para ver cómo ha crecido la Facultad de Ingeniería y cómo lo ha hecho la misma Universidad de los Andes: con el paso del tiempo han adquirido un nivel mucho más profesional, científico y académico. La revista ha ido creciendo en complejidad a medida que la Universidad de los Andes también lo ha hecho. El reto ahora es convertirla en una revista indexada en las bases de datos e índices como ISI y Scopus” . ○

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Entrevista con José Rafael Toro”. Julio de 2011. Archivo *Revista de Ingeniería*.
- [2] “Investigación”. *Revista de Ingeniería*, No. 1, julio de 1991, p.1.
- [3] “Opinión”. *Revista de Ingeniería*, No. 1, julio de 1991, p. 35.
- [4] “Entrevista con Alberto Sarria Molina”. Julio de 2011. Archivo *Revista de Ingeniería*.
- [5] “Entrevista con Antonio García Rozo”. Julio de 2011. Archivo *Revista de Ingeniería*.

Revista de Ingeniería

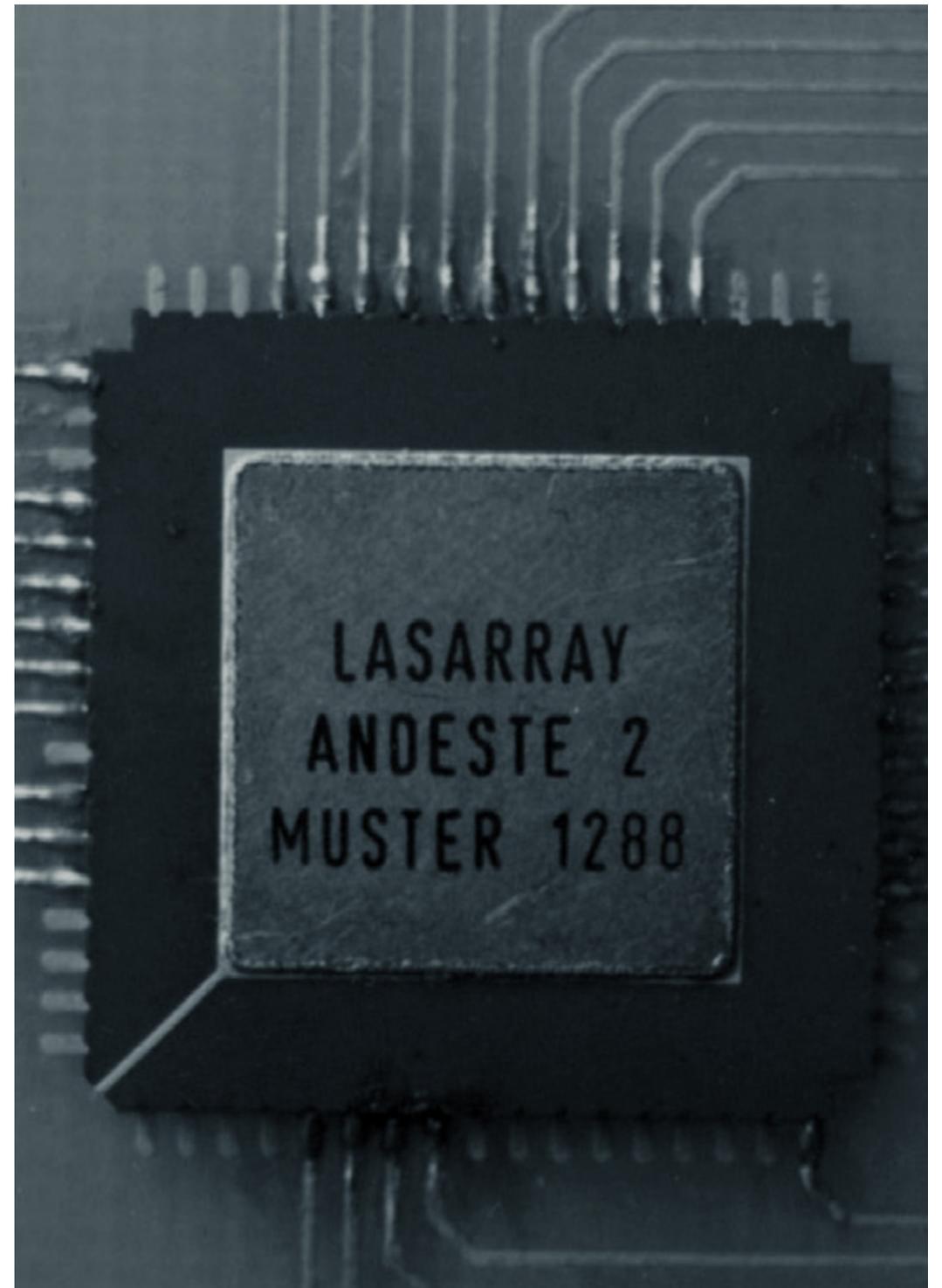
46 EDICIONES DE HISTORIA



EL PRIMER CIRCUITO INTEGRADO EN COLOMBIA:

visión e innovación en la alta tecnología

En esta edición, la *Revista de Ingeniería* conmemora el primer diseño de un circuito integrado en Colombia. Un logro de investigación nacional que se gestó en la Universidad de los Andes y permitió abrir un camino en el terreno de la alta tecnología en el país. El proceso de creación del primer chip colombiano empezó con un proyecto piloto para el desarrollo de circuitos integrados financiado por Colciencias y la Universidad de los Andes. Esta iniciativa fue liderada por los profesores Antonio García Rozo, Klaus Meier y Carlos H. Díaz y los estudiantes Patricia Manzano y Germán Darío Pardo del departamento de Ingeniería Eléctrica (IEE).



El primer circuito ocupó un área de 5,32 mm por 5,32 mm. Foto: Archivo de la Revista de Ingeniería



EL PRIMER CIRCUITO INTEGRADO EN COLOMBIA:

visión e innovación en la alta tecnología

Los primeros pasos de la investigación se dieron en 1985 cuando el Departamento de Ingeniería Eléctrica dictó cursos de utilización de circuitos de tipo programable y técnicas digitales al sector productivo del país. Esta coyuntura académica permitió la formulación de un proyecto que respondiera a las realidades industriales en el campo de la microelectrónica.

En mayo de 1986 el grupo de investigación del proyecto piloto obtuvo el apoyo de Colciencias para diseñar y fabricar un circuito integrado o chip, en el argot tecnológico. El profesor Antonio García Rozo, recordando el proceso de investigación, menciona que con esta financiación se confirmó que “la Universidad de los Andes y por ende el país, tenían en ese momento, no solo los conocimientos sino también las capacidades tecnológicas para realizar esta empresa y demostrarle a la industria colombiana que era posible innovar utilizando diseños de alta tecnología con el uso de Circuitos Integrados de Aplicación Específica ASIC”.

Dos grandes desafíos tuvo que enfrentar el grupo de investigación en el diseño del primer circuito integrado. Según Antonio García, “El primero fue lograr que el diseño del sistema electrónico cumpliera, en su fabricación, con todos los estándares exigidos y, el segundo, fue conseguir una empresa que recibiera y fabricara el diseño”.

García describe la primera etapa de producción del circuito de la siguiente forma: “se seleccionaron empresas y productos específicos en Colombia, entre éstos, la utilización de un ASIC; se optó por un medidor de presión arterial diseñado en Uniandes, el cual utilizaba un complejo circuito de manejo de la pantalla de despliegue de la información y una pantalla de una matriz

de LED en la que se debían presentar tanto la información alfanumérica como las curvas de medición” . El profesor Carlos H. Díaz, añade sobre esta primera etapa, que el grupo de trabajo “procuró instrumentos de diseño de diferentes sitios; tuvimos la posibilidad de recibir herramientas de MOSIS y otras universidades extranjeras como la Universidad de Berkely y la Universidad de Illinois, entre otras”.

A propósito de la búsqueda de empresas extranjeras que fabricaran el diseño del primer circuito integrado, Antonio García recuerda que “por problemas políticos de la época, el acceso a las fábricas y programas en las que las universidades americanas podían realizar sus circuitos, estaba negado a Colombia, lo que obligó a buscar un aliado en Europa en donde se tenían varios nexos académicos de tiempo atrás” . Sin embargo, la propuesta de la fabricación del primer circuito integrado tuvo que superar el escepticismo de algunas empresas y demostrar que la metodología del diseño en el desarrollo del chip apuntaba a nuevos productos en el mercado.

Después de varios meses de explorar la industria de alta tecnología en Francia y Alemania, una compañía suiza, especializada en circuitos integrados, le apostó a la fabricación del chip. “Obtuvimos un contacto con Lasarray, un pequeño fabricante suizo de ASIC tipo Gate Array, quien se mostró dispuesto a colaborar a costos mínimos con el proyecto” recuerda Antonio García.

Antes de enviar los diseños a Suiza, el circuito integrado tuvo que pasar por procesos de prueba. Citando el proyecto piloto, “además de las simulaciones lógicas, los circuitos también pasaron por una

LA FABRICACIÓN DEL PRIMER CIRCUITO INTEGRADO TUVO QUE SUPERAR EL ESCEPTICISMO DE ALGUNAS EMPRESAS Y DEMOSTRAR QUE LA METODOLOGÍA DEL DISEÑO APUNTABA A NUEVOS PRODUCTOS EN EL MERCADO.



EL PRIMER CIRCUITO INTEGRADO EN COLOMBIA:

visión e innovación en la alta tecnología

fase de simulación eléctrica para verificar que las señales llegaran y salieran del chip con los niveles adecuados de voltaje” . Una vez se tuvieron listas todas las simulaciones que garantizaban el diseño, Antonio García recuerda que, “Klaus Meier y Patricia Manzano, egresada en ese entonces de la universidad, viajaron a Biel, Suiza en donde realizaron los últimos ajustes de la fabricación del diseño, verificaron las herramientas del fabricante y entregaron los archivos para la fabricación de los prototipos”.

En el año 1989 el grupo de investigación recibió las 10 primeras unidades del circuito integrado. Antonio García menciona que: “El circuito finalmente se implementó en tecnología HCMOS de 2 micrómetros y ocupó un área de 5,32 mm por 5,32 mm; estaba conformado por 760 compuertas lógicas con 3040 transistores, montados en un empaque de 54 pines”.

23 años después de haber culminado este proyecto, Carlos H. Díaz reflexiona que el primer circuito integrado “fue un proyecto piloto en el país que, a nivel internacional, representaba una actividad de investigación y una oportunidad muy grande, reconociendo que por esa época el nivel de inversión de capital para tener fabricación de circuitos integrados en Colombia estaba fuera del alcance del país. Si mal no recuerdo en esa época se hablaba de inversiones de capital de 50 millones de dólares o más para empezar una fábrica de circuitos integrados”.

En el contexto de la universidad, el diseño del circuito integrado representó la consolidación de varios cursos en el ámbito de la microelectrónica en la Universidad de los Andes y en otras universidades del país. Klaus Meier sostiene que este diseño fue “un proyecto educativo que fue la pauta final en el marco de la investigación de la ingeniería electrónica en ese tiempo



Antonio García Rozo, Jorge Bohórquez, Jairo Rico, Patricia Manzano, Germán Darío Pardo, Klaus Meier, Carlos Díaz. Foto: Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.



EL PRIMER CIRCUITO INTEGRADO EN COLOMBIA:

visión e innovación en la alta tecnología



Patricia Manzano en Biel, Suiza, haciendo ajustes al diseño del chip.
Foto: Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

en Colombia” . Asimismo, el proyecto fue un ejemplo para otras universidades que se estaban proyectando hacia adelante en el tema de la investigación en microelectrónica en el país. Carlos H. Díaz sostiene que en esa época la Pontificia Universidad Javeriana y la Universidad del Valle también tenían esa característica de empuje. Muchos aspectos de ingeniería electrónica fueron acelerados en el país gracias a ese tipo de investigaciones”.

Esa iniciativa, en ese momento, citando el proyecto piloto, abría oportunidades a muchas aplicaciones, en particular, se veía como “un ejemplo de una aplicación en el área de Ingeniería Biomédica” . Específicamente, las aplicaciones del circuito integrado en Colombia “realizaron funciones asociadas con la interfaz hombre/máquina del prototipo controlador de presión arterial” . Por esto, este proyecto significó la apertura para el desarrollo de equipos en la industria médica del país.

Uno de los valores demostrados por este proyecto de investigación fue la integración entre la industria y la academia que, conjuntamente, pudo desarrollar e innovar un producto de alta tecnología con una aplicación específica que respondía a una necesidad en el país. Es así que conmemorar este proyecto de investigación nos trae a la memoria cómo las iniciativas conjuntas entre profesores y estudiantes, academia e industria logran alianzas exitosas para el desarrollo de nuevas aplicaciones en el área de tecnología. ○

{ BIBLIOGRAFÍA }

- [1] “Entrevista con Carlos H. Díaz”. Septiembre de 2012. Archivo *Revista de Ingeniería*.
- [2] “Entrevista con Antonio García Rozo”. Septiembre de 2012. Archivo *Revista de Ingeniería*
- [3] “Entrevista con Klaus Meier”. Septiembre de 2012. Archivo *Revista de Ingeniería*.
- [4] A. García, P. Manzano. “Proyecto piloto primer circuito integrado”. Presentado en: *Proyectos Andes CT y andeste 2*, Bogotá: Universidad de los Andes, 1988, pp. 47-59

LA COOPERACIÓN FRANCESA

Historia de la migración académica en doble vía

En esta edición, la *Revista de Ingeniería* recuenta la génesis de una cooperación con Francia que dio al programa de Ingeniería de Sistemas y Computación –creado en 1968 por el Departamento de Ingeniería Eléctrica– el desafío de conformar una planta de profesores que pudiera formar a los estudiantes. Ante este reto, la Facultad buscó un aliado en la embajada francesa para atraer a algunos profesores de sistemas y eléctrica. Por iniciativa de Carlos Amaya, decano de la Facultad, se presentó en 1972 una solicitud al gobierno francés para hacer parte del programa “Asistencia técnica bilateral” (Universidad de los Andes, 1972) que permitía a profesionales franceses sustituir el servicio militar por actividades docentes en universidades en distintos países de América Latina.



Carlos Amaya Puerto. Foto: L.A Prieto. Fototeca Universidad de los Andes



LA COOPERACIÓN FRANCESA

Historia de la migración académica en doble vía

El inicio de una cooperación

Fernando Navas, ingeniero eléctrico y jefe del Departamento en ese momento, recuerda que “la búsqueda de un aliado en la academia francesa se da gracias al apoyo de monsieur Barthelemy, agregado cultural de la Embajada francesa en Colombia, quien promovió un programa de cooperación entre la Universidad de los Andes y Francia para que vinieran cooperantes franceses al Departamento de Ingeniería Eléctrica”.

La Universidad y el gobierno francés hicieron una selección de profesionales en las áreas de sistemas y eléctrica. Entre los cooperantes que vinieron a la Universidad estaban Richard Gómez de Cedrón, Patrick Rousell, y Jacky Estublier, en sistemas y Claude Bernoille, Yves Lenoir y Antoine Lagasse en eléctrica, entre otros, más otros que vinieron al Departamento de Matemáticas. Su colaboración fue fundamental en la consolidación de los dos programas, pues si bien el Departamento de Ingeniería Eléctrica contaba ya con un cuerpo profesoral relativamente consolidado, el de Ingeniería de Sistemas era muy incipiente. El escenario de colaboración con Francia fue fundamental para apoyar áreas como Conmutación, Sistemas de Control, Computación Análoga y Lenguajes de programación, entre otros, y contribuyó a promover la investigación y el desarrollo de laboratorios, e hizo posible la configuración de cursos y metodologías digitales para el programa de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad.

Movilidad académica en doble vía

La cooperación con Francia fue una alianza de doble vía. Además de la llegada de los cooperantes, el gobierno francés dio unas becas a los estudiantes de pregrado de la Universidad para hacer estudios de maestría y doctorado en universidades en Francia, principalmente, en la Universidad de Grenoble y la Universidad de Toulouse. A partir de 1972, el gobierno francés concedió cuatro becas anuales para la formación de profesores de Ingeniería de Sistemas y dos para Ingeniería Eléctrica, en uno de los epicentros de tecnología y computación en Europa. Grenoble, la capital de los Alpes franceses, en la década de los setenta se había convertido en un referente de tecnología gracias a las políticas estatales del gobierno francés y a la instalación de una planta de IBM. A esta ciudad llegaron estudiantes de diferentes partes del mundo, entre estos varios colombianos, estudiantes de la Universidad de los Andes, para realizar sus estudios de posgrado (Prieto & Rueda, 2014). Esta iniciativa permitió que se formaran profesores que después desempeñarían un importante papel en el Departamento para consolidar la planta docente de Ingeniería de Sistemas y Computación y Eléctrica.

Los actores

Alberto García, egresado de Ingeniería Eléctrica, fue el primer becario que viajó a Francia en el año 1972 para hacer su maestría en Informática. A su regreso a Colombia en 1975, fue coordinador del pregrado de Ingeniería de Sistemas y, desde 1976, fue director del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación. García recuerda que en la década del setenta había mucha movilidad dentro de los profesores que regresaban de la academia norteamericana o francesa. Su labor en el departamento



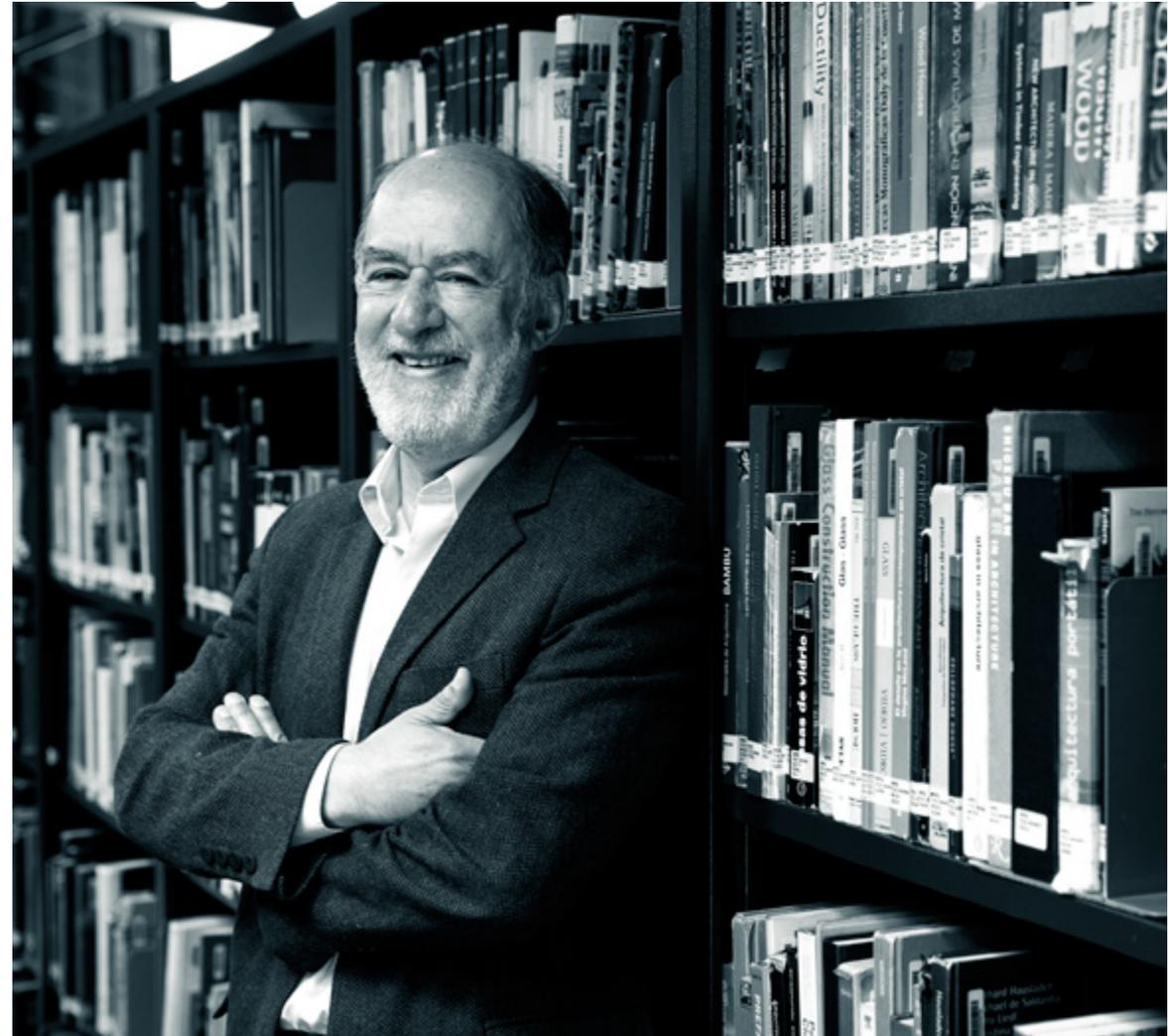
LA COOPERACIÓN FRANCESA

Historia de la migración académica en doble vía

fue darle mayor autonomía al programa de Ingeniería de Sistemas y Computación con respecto al de Ingeniería Eléctrica. Con su formación francesa tuvo el reto de fusionar dos academias –la francesa y la norteamericana– que fueron referentes para fortalecer dicho departamento. Pero además de esta fusión, García promovió la aplicación de la tecnología informática en las empresas, inquietud que le nació cuando trabajó para la planta de IBM en Bogotá y luego en Francia en la misma compañía. Su estadía en Grenoble fue una experiencia irreplicable por la efervescencia de movimientos que vivía Francia en ese momento. El movimiento estudiantil desde *Mayo del 68*, la comunidad científica que emergía de Grenoble y una cultura teatral enorme ampliaron su mirada de ingeniero hacia una perspectiva interdisciplinaria.

Son varios los actores que nos cuentan el intercambio entre Francia y Colombia. Renato Céspedes, ingeniero eléctrico también fue uno de los primeros becarios que viajó a Francia para estudiar su posgrado y doctorado en ingeniería eléctrica en la Universidad de Grenoble. Desde allí su vida académica ha estado en diálogo con ese país. Hoy recuerda que en Francia “yo aprendí a pensar, porque el método francés es muy deductivo: en vez de aplicar fórmulas, teníamos que deducirlas”. Pero más allá del rigor de la academia francesa hay un vínculo de raíz con Francia: “el idioma” afirma Renato. El francés lo mantiene atado a una cultura y, desde el año 1976, los conocimientos de Renato migraron de Francia a Bogotá. A su regreso, su tesis de doctorado en sistemas de tiempo real en Ingeniería Nuclear marcó la pauta de su carrera académica en la Universidad de los Andes y, posteriormente, en la Universidad Nacional, para crear la primera Maestría en Ingeniería Eléctrica en Colombia en 1979.

Francisco Rueda, actual profesor del Departamento de Sistemas y Computación, fue otro de los becarios que viajó a la Universidad de Grenoble en el año 1973 para hacer su Maestría en Sistemas. Al llegar a Francia él recuerda que “me enfrenté por primera vez al mundo de la computación, porque la carrera de sistemas que existía en la Universidad de los Andes era aún muy incipiente; me encontré con áreas especializadas de la computación como la Teoría de Lenguajes, la Algorítmica,



Alberto García, egresado de Ingeniería Eléctrica de Uniandes y primer becario que viajó a Francia en 1972 para hacer su maestría en Informática.
Foto: David Amado



LA COOPERACIÓN FRANCESA

Historia de la migración académica en doble vía

los Sistemas Operacionales y los Compiladores”. A su regreso a Colombia se vinculó como profesor del Departamento. Francisco Rueda pone hoy en perspectiva la Cooperación con Francia y sostiene que “ésta representó una consolidación muy importante del programa de Ingeniería de Sistemas porque, al regreso de los becarios, la carrera se especializó y amplió el horizonte de la Computación introduciendo cursos como sistemas operacionales, lenguajes formales y bases de datos”.

Los intercambios académicos abrieron paso en la década del setenta a otros becarios como Germán Cavelier, José Abásolo y Joaquín Oramas y dos años después Rodrigo López y Julio López fueron enviados a Francia a realizar sus estudios de posgrado en la ciudad de Grenoble (Prieto & Rueda, 2014). Otros becarios como José Tiberio Hernández, Victor Manuel Toro, María Consuelo Franckly y Claudia Jiménez, tuvieron una formación francesa que construyó un departamento europeo-centrista que dio rigor y diversidad a la influencia de la escuela americana que era el primer referente para la Universidad de los Andes.

Los vínculos que perduran

Los vínculos con Francia continuaron. Más adelante, en la década del ochenta se crearon grupos de investigación que han permitido desarrollar varios programas de intercambio entre investigadores de universidades francesas y de la Universidad de los Andes. Esto ha llevado a fomentar programas de estadías

de estudiantes de Los Andes en laboratorios franceses y a la coautoría de tesis de doctorado. También a la realización de dobles programas con universidades francesas, como la École des Mines de Nantes.

Posteriormente, y por los contactos que se establecieron con las universidades francesas, especialmente la Universidad de Grenoble, se formaron otros profesores como Germán Bravo, Jorge Villalobos, Rafael Gómez, Rubby Casallas, Alejandro Quintero, Harold Castro, Fernando de la Rosa, Marcela Hernández y Pilar Villamil, quienes constituyen una parte muy importante de la planta profesoral actual del Departamento de Ingeniería de Sistemas.

Así mismo, el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica ha recibido una contribución muy importante de profesores formados en Francia como Alain Gauthier, Fernando Jiménez, Néstor Peña, Mario Ríos, Antonio Salazar y Juan Carlos Bohórquez.

La migración de conocimiento entre Francia y Colombia fue el inicio de la independencia de dos programas que se proyectaban como dos carreras autónomas que demandaría el interés de los estudiantes de Ingeniería en Colombia. Los diálogos que se cruzaron entre la academia criolla y la extranjera permitieron formar una generación de ingenieros de sistemas y eléctricos que hoy conforman una Facultad de Ingeniería con distintas aproximaciones académicas. En palabras de Alberto García, la Cooperación con Francia “nos hizo crecer como Departamento”. ○

BIBLIOGRAFÍA

Entrevista a Céspedes, Renato, 14 de enero de 2014.

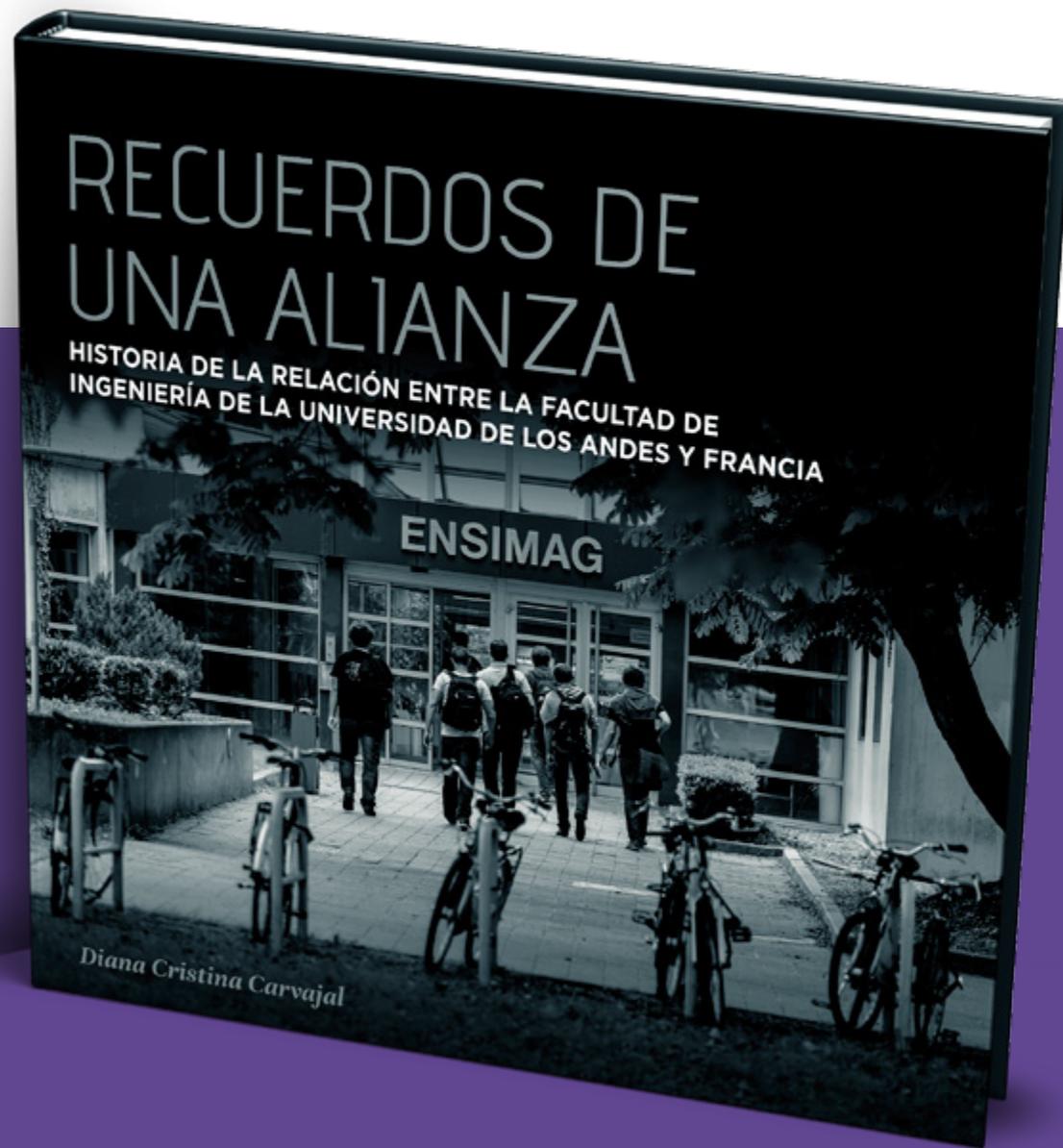
Entrevista a García, Alberto, 14 de enero de 2014.

Entrevista Navas, Fernando, 21 de enero de 2014.

Entrevista a Rueda, Francisco, 14 de enero de 2014.

Universidad de los Andes. “Programa de ayuda del Gobierno Francés a la Facultad de Ingeniería.” *En Actas del Consejo Académico No. 1972.*

Prieto, Ñañez, F. M., Rueda, F. Los pequeños números que hemos visto cambiar Ingeniería de Sistemas y Computación en la Universidad de los Andes. 1964-2010.



PARA SUMARSE A LA CELEBRACIÓN DEL AÑO COLOMBIA FRANCIA 2017, LA FACULTAD DE INGENIERÍA LANZÓ EL LIBRO RECUERDOS DE UNA ALIANZA, QUE REÚNE TODAS LAS MEMORIAS E HISTORIAS DE LA RELACIÓN ENTRE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES Y FRANCIA.



La historia no contada del

PRIMER CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA

A propósito del aniversario número 30 del primer Código Colombiano de Construcciones Sismo resistentes, la Revista de Ingeniería recuerda su historia a la luz de dos de sus protagonistas: los profesores Alberto Sarria y Luis Enrique García. En esta edición, los dos profesores nos cuentan la historia no contada del código que se gestó gracias a varios esfuerzos que proyectaron la ingeniería sísmica en Colombia con la creación del primer código de construcción sismo resistente.



La Memoria fue escrita por Ana Luisa González Pinzón a partir de entrevistas realizadas a los profesores Alberto Sarria y Luis Enrique García.

Francisco Javier Pérez, Roberto Caicedo, Luis Enrique García, Alberto Sarria y Alejandro Pérez. Foto: Fototeca Universidad de los Andes.





Foto: Fototeca Universidad de los Andes

La integración de documentos: el inicio del código

Hacia el año 1973, cuando Luis Enrique García egresado del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes, regresaba de su maestría en la Universidad de Illinois, el profesor Sarría le planteó a Luis Enrique García crear un código de construcción que el país necesitaba (Sarría, comunicación personal, 4 de junio del 2014). Este interés se fue encaminando con referentes internacionales como el de la Asociación de Ingenieros estructurales de California (SEAOC) –por sus siglas en inglés– que, en 1974, publicó una nueva versión de *Recommended Lateral Force Requirements and Commentary*, actualizada a raíz del temblor de 1971 en San Fernando, un suburbio de Los Ángeles, CA. (García, comunicación personal, 30 de mayo del 2014). En ese momento, a los profesores Sarría y García les llegó el documento y concluyeron que en este texto estaba la clave para hacer una norma de construcción en Colombia.

Uno de los primeros pasos para estudiar en detalle la relevancia de este código fue la traducción comentada del texto de la SEAOC, así lo recuerda García: “Sarría y yo hicimos una labor de titanes que fue traducir el código con comentarios y lo publicamos en el año 1976”. Posteriormente, el Consejo de Tecnología Aplicada (ATC) publicó en 1978 el documento ATC-3, un manual para hacer normas de construcción que reveló la posibilidad de hacer una adaptación de dicho documento al contexto nacional. En 1979 la Asociación Colombiana

Ingeniería Sísmica (AIS) consideró el ATC-3 un referente importante para desarrollar un código a nivel local (García, 1984). Fue así que la AIS hizo la traducción e incluyó una propuesta para adaptar el ATC-3 en el país. (AIS, 2012).

A partir de esta edición se encaminó la creación de la Norma AIS-100-81 (Requisitos Sísmicos para edificios). En palabras de Sarría las primeras ideas de esta norma salieron de varias reuniones y, luego, la AIS financió el trabajo de mecanografía para sacar a limpio los primeros documentos. “Las ideas físicamente las plasmamos escritas a mano”, comenta Sarría. En el verano de 1980, Luis Enrique García viajó a Urbana- Champaign para trabajar con académicos de la Universidad de Illinois gracias a la financiación de la Universidad de los Andes. García recuerda que trabajó con dos autoridades de la ingeniería sísmica: Nathan Newmark y Meten Sozen. El primero era jefe de ingeniería civil de la Universidad de Illinois, que vino a Los Andes en 1973 gracias a Alberto Sarría para dictar el primer seminario de actualización en ingeniería sísmica. El profesor Sozen era el otro académico con más referencias en el código de concreto. Uno de los logros interesantes de la norma AIS 100-81 fue que incluyó el primer mapa de zonificación del país, cuyo trabajo se basó en la tesis de José Alejandro Atuesta, quien había iniciado este mapa en su tesis



de pregrado en Los Andes. Este trabajo se perfeccionó gracias a la financiación de Planeación Nacional y le incluyeron métodos estadísticos para adherirlo a la norma AI 100-81.

El último documento que se unió al código final fue la Norma AIS 100-83 “Requisitos Sísmicos para Edificaciones” cuyo resultado era la ampliación de la norma AIS 100-81. (AIS, 2012). Este documento tuvo una motivación inminente a causa del terremoto de Popayán el 31 de marzo de 1983 que generó la necesidad de ampliar el alcance de la AIS-100-81 para que incluyera reglamentación para edificaciones de uno a dos pisos y construcciones de mampostería estructural. (AIS, 2012).

Es así que el primer Código Colombiano de Construcción reunió diferentes documentos que se fueron integrando; se les dio una continuidad y un contexto hasta que se convirtió en el primer reglamento de construcción que después tuvo dos versiones adicionales y, posteriormente, se convirtió en un reglamento de cuatro volúmenes. (Sarria, comunicación personal, 4 de junio del 2014).

El entorno del código

Las diversas iniciativas que impulsaron la creación del reglamento sísmo resistente fue posible gracias a un momento coyuntural para la ingeniería sísmica en Colombia: la creación de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). En el año 1974 se funda en la Universidad de los Andes esta

asociación, cuyo propósito era reunir personas con el interés de crear una norma sísmo resistente en el país. Adicionalmente, se planteó la posibilidad de fundar una Red Sismológica Nacional¹. La Universidad de los Andes tuvo un papel determinante para crear esta sociedad pues tuvo el apoyo del rector Francisco Pizano de Brigard, quien contactó a José Gómez Pinzón, uno de los miembros del consejo directivo de la Universidad para plantearle la propuesta. Sarria recuerda que Gómez Pinzón era ingeniero civil y uno de los constructores más respetados de Colombia, quien apoyó la fundación de la AIS. Fue en ese momento cuando Sarria pensó que “tanto el código como la Red sismológica podrían tener un padrino importante”.

El primer presidente de esta asociación fue uno de sus padres: Alberto Sarria y, luego, asumió la presidencia Luis Enrique García quien también hizo parte de su creación. Al poco tiempo esta sociedad se proyectó como una asociación independiente con una visión al servicio de la comunidad y no de lo privado. Asimismo, Sarria señala que, para que la AIS tuviera más importancia, había que sacarla de la Universidad de los Andes y, a los dos años, se independizó. (Revista de Ingeniería, 2005).

Sarria recuerda que para darle el peso a la AIS, se convocaron expertos internacionales como George W. Housner quien era una autoridad en el mundo de la sismología aplicada y la dinámica de las estructuras. Al mismo tiempo se le propuso al decano de ese momento, Carlos Amaya, un seminario de actualización de ingeniería sísmica con académicos internacionales para tener un respaldo del código. Sarria recuerda que al primer seminario vino el profesor Nathan

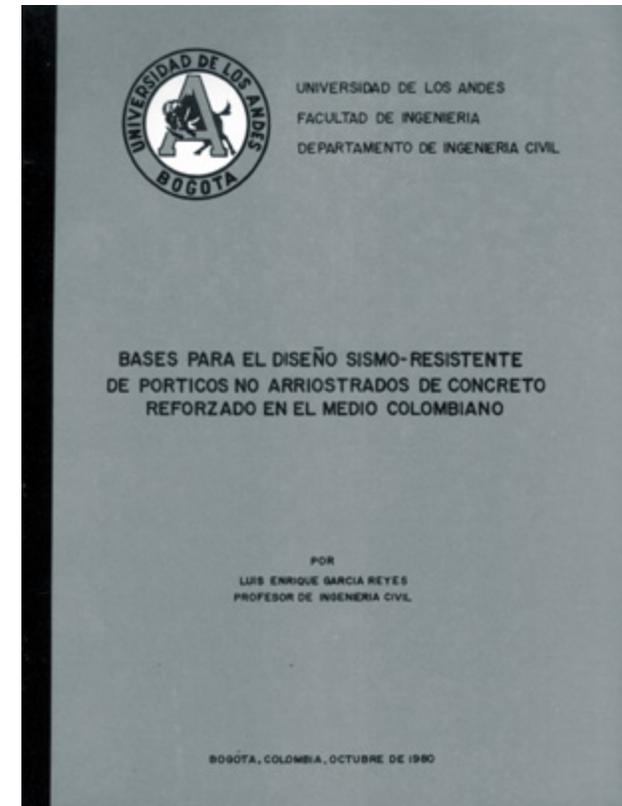


Foto: Fototeca Universidad de los Andes

1. Para consultar en la historia de la Red Sismológica Nacional, consulte la Memoria de la edición No. 21 de la Revista de Ingeniería.

Newmark, de la Universidad de Illinois, el profesor Paul Jennings de Caltech, quien era asistente del Dr. Housner, el profesor Joseph Penzien, de la Universidad de California en Berkeley y el profesor Robert Whitman del Massachusetts Institute of Technology (MIT). El seminario fue un éxito y fue determinante para apoyar la iniciativa de crear una norma de construcción. A partir de ese momento se empezó a trabajar en el código “comenzamos a reunirnos y nadie nos pagaba un solo centavo. Éramos siete, ocho, diez personas en una casa y otra, discutíamos las orientaciones; unos apoyaban la influencia japonesa, otros la orientación inglesa y los demás la norteamericana”, comenta Sarria. Finalmente se hizo un pequeño documento, que era la normativa AIS 100 o lo que Sarria llamó “un panfleto” que tenía los esquemas y el borrador del código.

Otro evento que alertó a la ingeniería colombiana fue el temblor de Popayán del año 1983, ésta fue una catástrofe que recordó a los colombianos la necesidad de adoptar una norma que regulara la construcción de edificaciones con el fin de hacerlas resistentes a los sismos (AIS, 2012). A raíz de ese sismo el Congreso expidió la ley 11 del año 83 en la que se decretó que había que reconstruir Popayán con una reglamentación antisísmica y, asimismo, hacerla extensiva al resto del país. Sarria recuerda que el presidente Belisario Betancur lo nombró como su representante en Popayán para estudiar los alcances técnicos y las repercusiones de los daños en la

futura reconstrucción de la ciudad, actividad dirigida y coordinada por Mario Calderón Rivera, gerente del Banco Central Hipotecario. La responsabilidad de la norma le fue asignada al Ministerio de Obras públicas en cabeza de su ministro Hernán Beltz. El ministro Beltz se conectó con la AIS para trabajar sobre el documento AIS 100. Sarria recuerda que se formaron grupos de trabajo con expertos de Medellín, Cali y Bogotá para redactar el código que iba a ser una ley de la República. “Finalmente logramos darle al código la orientación que el grupo de la Universidad de los Andes había previsto desde el principio y, el 7 de junio de 1984 el gobierno nacional expidió en decreto 1400, el cual entró en vigencia seis meses después y constituyó el primer código colombiano de construcción sismo resistente”, concluye Sarria.

El primer código de construcción sismo resistente fue un hito para la ingeniería colombiana. Los esfuerzos que quedaron consignados en todos los borradores del código develan un riguroso estudio, un gran aporte que hoy, 30 años después, sigue vigente para proteger la vida y la sociedad. Es muy revelador cómo esta contribución logró reunir mentes visionarias que se alimentó de los referentes más modernos de la ingeniería sísmica para desarrollar el documento más amplio y relevante en el país sobre esta materia. ○

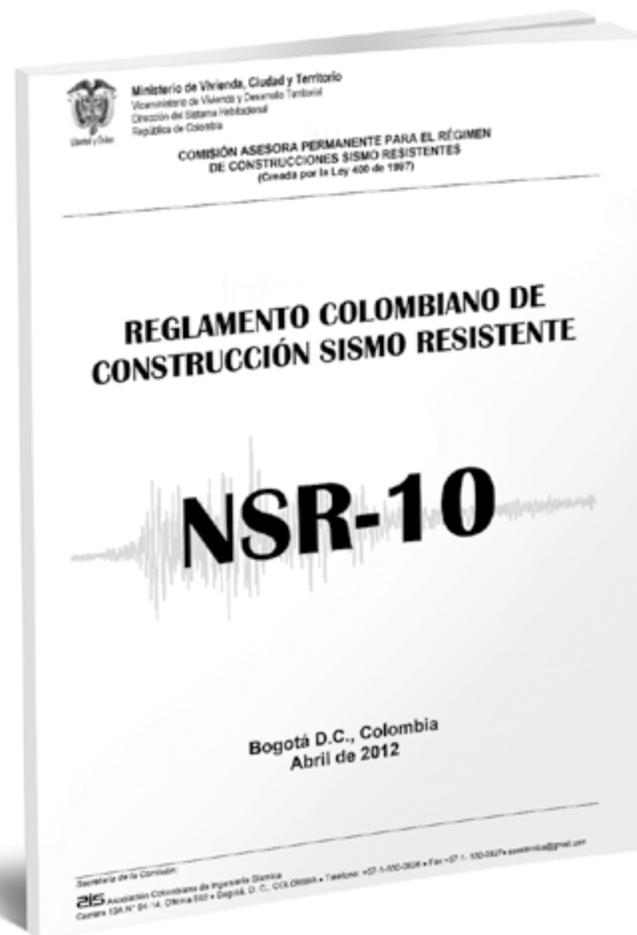
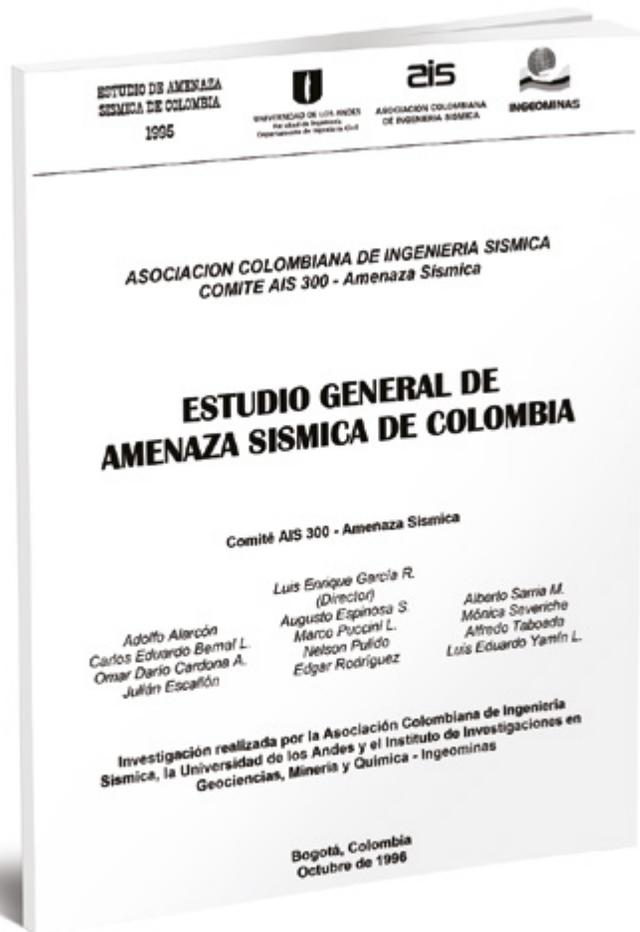
{ BIBLIOGRAFÍA }

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). 2010. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá, Colombia.

García, L. E. (1984, June). Development of the Colombian Seismic Code. In *Proceedings of the Eight World Conference on Earthquake Engineering, Earthquake Engineering Research Institute, San Francisco, CA, USA*.

García., L.E, comunicación personal, 30 de mayo del 2014.

Revista de Ingeniería. (2005). *Memoria: El inicio de la sismología en Colombia. Revista de Ingeniería, 21,120-124*
Sarria., A., comunicación personal, 4 de junio de 2014.

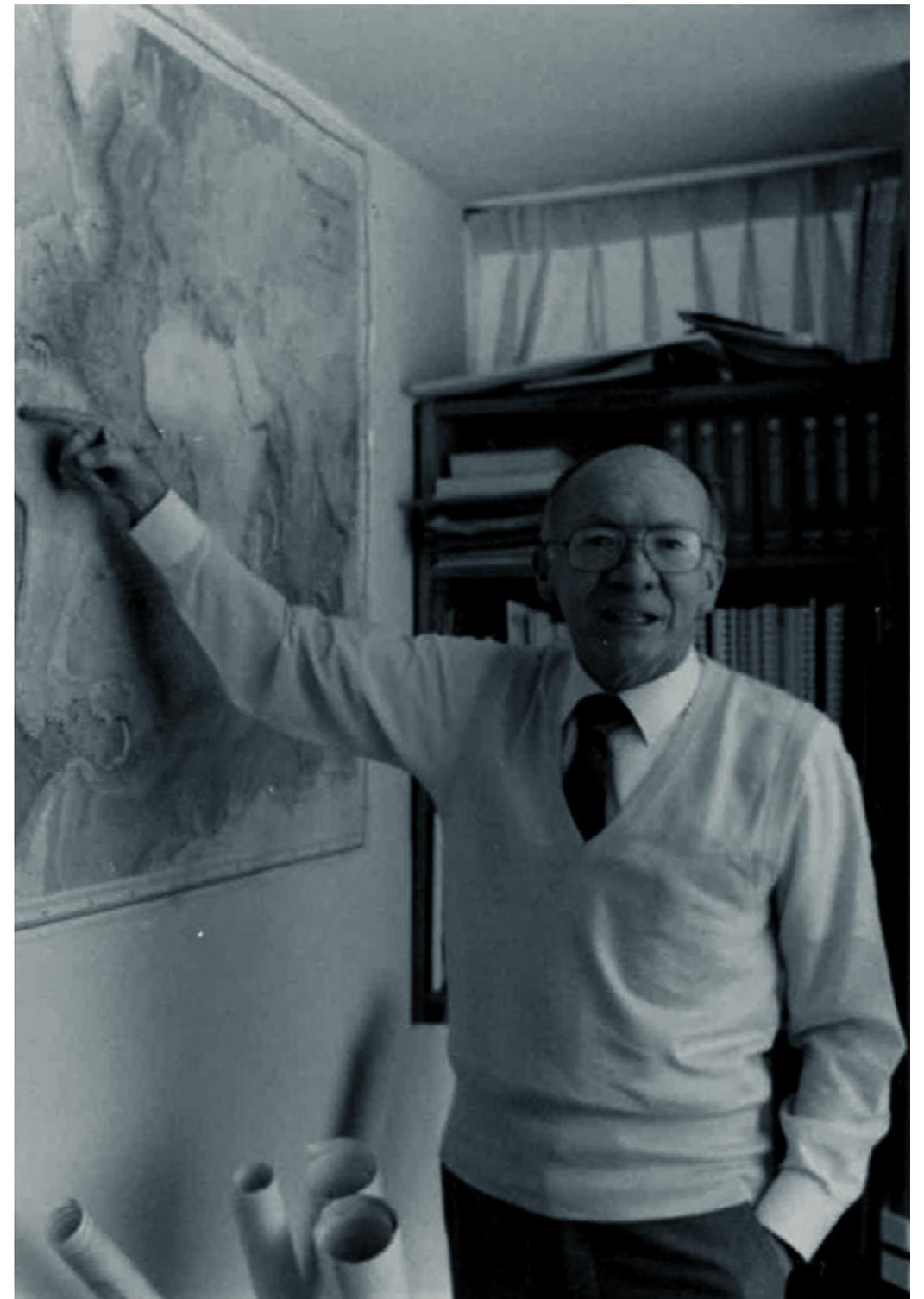


ASOCIACIONES PROFESIONALES

gestadas en Uniandes

En esta oportunidad, la *Revista de ingeniería* quiere destacar la participación de la Universidad de los Andes en la creación de asociaciones de profesionales en ingeniería. Como se verá, este apoyo le ha permitido tener a esta profesión una identidad propia en Colombia. Álvaro Salgado, Germán Villareal, Alfredo Amore y Alberto Sarria nos cuentan el inicio de tres de estas asociaciones: la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM), la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas (ACIS) y la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS).

La Memoria fue escrita por María Paula Méndez Penagos a partir de entrevistas realizadas a Alfredo Amore, Germán Villareal, Alberto Sarria y Álvaro Salgado.



Alberto Sarria. Foto: Fototeca Universidad de los Andes.





Necesidad de reconocimiento

En 1956, dado el incremento en el número de ingenieros eléctricos y mecánicos graduados no solo en Colombia sino también en Estados Unidos –con doble titulación de la Universidad de los Andes– y que, además, estaban ejerciendo en el país, se generó la necesidad de obtener un reconocimiento profesional de esta actividad. Esta necesidad llevó a plantear la idea de la creación de una organización gremial de carácter nacional que los asociara y les diera una identidad profesional.

Para ese año, 1956, según datos del Consejo Profesional de Ingeniería, el número de ingenieros matriculados con esas especialidades era de 38. De hecho, la Universidad de los Andes ya había graduado a 23 ingenieros eléctricos.

El primer intento por encontrar una identidad dentro del gremio surgió con la idea de crear el Instituto Colombiano de Ingenieros Eléctricos y Mecánicos, nombre que recordaba al *Institute of American Electrical Engineers* (IAEE), del cual muchos eran miembros en ese entonces en Colombia, especialmente aquellos que habían estudiado en el exterior. Sin embargo, este espíritu de agremiación de ingenieros mecánicos y eléctricos no encontró eco en la Sociedad Colombiana de Ingenieros, asociación de mucha tradición manejada por ingenieros civiles, quienes a pesar de haber reconocido la necesidad de las especializaciones, no daban aun a este tipo de ingenieros la importancia que ellos ya tenían.

Después de varios intentos fallidos, el 19 de julio de 1957, se llevó a cabo una asamblea en Bogotá, en la sede de la Universidad de los Andes, organizada por Álvaro Salgado

Farías, profesor y Decano de Ingeniería, con un nutrido grupo de profesionales de las especialidades de ingeniería eléctrica y mecánica. Allí se constituyó la Asociación Colombiana de Ingenieros Eléctricos, Mecánicos y de ramas afines (ACIEM). El primer presidente de esta asociación fue Ernesto Umaña, ingeniero graduado en Europa.

Salgado recuerda que era clara “la necesidad de dar a los ingenieros especializados un reconocimiento social adecuado, pues un objetivo central para la Universidad de los Andes era formar un nuevo tipo de profesionales en ingeniería que permitiera el desarrollo industrial del país con un enfoque innovador” (Salgado, comunicación personal, 6 de febrero de 2015). Por esta razón, desde sus inicios, la naciente asociación tuvo su lugar de reunión en las aulas de la Universidad, hasta que adquirió impulso suficiente para continuar sus labores de manera independiente al claustro.

Es importante resaltar que, poco a poco, las áreas de trabajo de la ingeniería mecánica y la ingeniería eléctrica se volvieron de gran multidisciplinariedad; aparecieron expertos en temas energéticos, y en telecomunicaciones, entre otros. Esta situación hizo que la asociación tomara la determinación de cambiar su nombre, –a partir de 1998 se llama Asociación Colombiana de Ingenieros–, con el fin de dar mayor cobertura al trabajo realizado.



Respaldo a la sismología en el país

Hacia 1970, Luis Enrique García, ingeniero civil, acababa de llegar de hacer su maestría en la Universidad de Illinois y se reunió con Alberto Sarria, también ingeniero civil, quien le planteó una serie de proyectos que consideraba importante realizar a nivel de ingeniería sísmica en el país. Primero, crear una Red Sismológica Nacional porque no era lógico que un servicio a la comunidad fuera privado. Segundo, establecer un código de construcción para el país con el objetivo de proteger la vida y el patrimonio. Para ello, era fundamental contar con el respaldo de más personas pues, en ese entonces, como recuerda Sarria “éramos cuatro o cinco ingenieros hablando de lo mismo y reunidos en la casa del uno o del otro” (Sarria, comunicación personal, 4 de junio de 2014). De esta manera, surgió la idea de organizar una asociación que reuniera estas ideas y en 1971, él propuso crear la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS).

Sarria en ese momento era profesor de la Universidad de los Andes, por eso, buscó apoyo en esta institución. Habló con el rector Francisco Pizano de Brigard y le pidió que lo contactara con uno de los miembros del Consejo Directivo, el Dr. José Gómez Pinzón, ingeniero civil y constructor muy respetado en Colombia, para presentarle la propuesta. Gómez Pinzón apoyó la idea y así se dio inicio a la AIS. Al respecto, Sarria comenta: “en ese momento pensé que tanto el código de construcción como la Red Sismológica Nacional podrían tener un padrino importante. En efecto, la aparición de la AIS fue posible gracias al Dr. Pizano de Brigard, él nos dio la posibilidad de que esta propuesta trascendiera”.

La inauguración de la Asociación se llevó a cabo en un salón de la universidad en una reunión presidida por el propio Gómez Pinzón. Allí estuvieron Alberto Sarria, Luis Enrique García y otros ingenieros de la Universidad Nacional y de la Universidad Javeriana interesados en aportar al tema. El primer presidente de la AIS fue Alberto Sarria, luego el turno sería para Luis Enrique García.

En 1973, Sarria, inspirado en los seminarios de actualización de Ingeniería Sísmica organizados cada cuatro años por la Universidad de California en Berkeley, coordinó el primer seminario de Ingeniería Sísmica en la Universidad de los Andes e invitó a profesores de la Universidad de Illinois, Caltech, la Universidad de California y el Massachusetts Institute of Technology (MIT). Este evento fue un éxito y le dio peso a la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica; se avalaron las ideas que se proponían aquí y los profesores brindaron su apoyo a quienes estaban intentando crear un código de construcción sismo resistente en Colombia. Gracias a esto, en 1984 surge el primer *Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes*.

Búsqueda de representatividad

En 1975 un grupo de estudiantes de últimos semestres de ingeniería de sistemas de la Universidad de los Andes –única universidad que ofrecía pregrado en esta área– se reunieron con egresados de la carrera y les plantearon la idea de crear un organismo que representara específicamente a los



ASOCIACIONES PROFESIONALES

gestadas en Uniandes

ingenieros de sistemas. Para ese entonces, ya existían dos asociaciones que agrupaban a todos aquellos que trabajaban en temas de sistemas: la Asociación Colombiana de Usuarios de Computadores (ACUC) y la Asociación Colombiana de Cálculo Electrónico e Investigación Operacional (ACSIO), pero en la primera sus miembros eran empresas y la segunda no era exclusiva de los ingenieros de sistemas. Se buscaba un órgano que pudiera agrupar los intereses de estos ingenieros y se convirtiera en el ente consultor en estos temas a nivel nacional.

Algunos profesores de la Universidad apoyaron esta iniciativa, pero fueron los estudiantes quienes empezaron a darle vida a esta idea. Además, vale la pena mencionar a Heberto Pachón, jefe del Centro de Cómputo de la Universidad, quien, como recuerda Germán Villareal, “fue uno de los que impulsó a los estudiantes con este proyecto” (Villareal, comunicación personal, 5 de febrero de 2015). Poco a poco la idea fue tomando fuerza y se empezó a pensar en la creación de los estatutos que regirían a esta asociación. Según cuenta Villareal, “el origen de los estatutos de la asociación fue el trabajo realizado por Ciro Angarita Barón, profesor de la Facultad de Derecho de la Universidad”.

El 9 de octubre de 1975 se creó la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas (ACIS) cuyo objetivo era difundir, dar a conocer y apoyar la aplicación de la ingeniería de sistemas en las empresas públicas y privadas. Desde el principio, esta asociación contó con el apoyo de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, cuyo presidente era Carlos Angulo Galvis, –años

después, rector de la Universidad–, quien recalcó la importancia de una asociación de esta índole en el país. El primer presidente de la Asociación fue Diego Escobar Concha, uno de los tres primeros egresados de ingeniería de sistemas del país. Cabe aclarar que, en ese momento, la ingeniería de sistemas era muy nueva, llevaba apenas cinco años en Colombia.

Más adelante, vendría Alfredo Amore, otro egresado de Uniandes, a ser presidente de esta asociación. Como él mismo lo recuerda, “hacia 1983 fui presidente de ACIS y fue durante ese tiempo que creamos el Premio Colombiano de Informática y la Maratón de Programación” (Amore, comunicación personal, 26 de enero de 2015). Estas dos actividades, que aún se mantienen, surgieron con el fin de motivar a los ingenieros de sistemas y darle reconocimiento al trabajo realizado en esta profesión.

Por otra parte, ACIS es una asociación que ha procurado estar a la vanguardia en temas de tecnología para mantener al gremio actualizado. De ahí que haya participado activamente en la feria de computación, CompuExpo, organizada, hasta hace unos años, en Corferias. Además, desde hace 34 años, organiza anualmente el Salón de Informática, lo que le permite estar vigente en el campo de la tecnología y la innovación. Así mismo, es el órgano consultivo del Gobierno en temas de Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs), uno de los objetivos que se había planteado desde su constitución. ○

{ BIBLIOGRAFÍA }

Amore, A., comunicación personal, 26 de enero de 2015.

Sarría, A., comunicación personal, 30 de mayo de 2014.

Salgado, A., comunicación personal, 6 de febrero de 2015.

Villareal, G., comunicación personal 5 de febrero de 2015.



CONVENIO UNU-UNIANDES:

Alianza para fortalecer el aprendizaje de temas energéticos en América Latina

A finales de la década del setenta, las facultades de Ingeniería y Economía de la Universidad de los Andes analizaron el tema del manejo de la energía en todas sus formas. Conscientes de la problemática que representaba el uso eficiente y eficaz de los recursos energéticos para el país y la región, organizaron seminarios y cursos para sacar adelante proyectos en esta área. Poco a poco, la Universidad fue teniendo reconocimiento en el tema y se logró un convenio con la Universidad de Naciones Unidas (UNU) para impartir un programa internacional de entrenamiento en sistemas y tecnologías energéticas. Cuarenta años después, encontramos nuevamente el tema en el orden del día, razón por la cual, la *Revista de ingeniería* quiere rescatar la historia de este programa que marcó un hito en América Latina para el aprendizaje de asuntos energéticos.

La Memoria fue escrita por María Paula Méndez Penagos a partir de entrevistas realizadas a Rafael Beltrán, Álvaro Pinilla, Fernando Navas, Luis Fernando Sanz y Javier Gho.



Fernando Navas, considerado el 'ideólogo' del convenio UNU-Uniandes. Foto: L.A. Prieto, Fototeca Universidad de los Andes.



CONVENIO UNU-UNIANDES

Alianza para fortalecer el aprendizaje de temas energéticos en América Latina

Antecedentes

Según consta en las actas de consejo de la Universidad de los Andes, desde 1980 las facultades de Ingeniería y de Economía estaban interesadas en crear un programa de estudios energéticos en la Universidad. Para ese momento, Uniandes contaba con un grupo de investigación en tecnología apropiada y con laboratorios de modelos y de maquinaria hidráulica, dedicados en parte al estudio de aspectos energéticos. En 1982, Uniandes recibe una invitación de la UNU para hacer parte de un grupo de instituciones de varios países dedicadas a la investigación y a la docencia en el tema de energía. Cabe mencionar que entre 1982 y 1983 se dictaron seminarios sobre fuentes y recursos energéticos y tecnologías de conversión y transporte, aspectos económicos y financiamiento del sector energético, marco institucional y jurídico del manejo de los recursos energéticos en Colombia, entre otros. Además, con el apoyo de Colciencias, se organizó el seminario “nuevas tecnologías energéticas, energías renovables y mercado internacional”.

Estos antecedentes le permitieron a la Universidad presentar, en 1983, una propuesta a la UNU para trabajar en conjunto en temas energéticos. Rafael Beltrán, último coordinador del programa, afirma que “nosotros en esa época teníamos una cierta fortaleza en el tema, había varios profesores de ingeniería eléctrica y mecánica que trabajaban los temas de fuentes renovables. Esa fue la circunstancia por la cual se dio el convenio con la UNU” (comunicación personal, 12 de noviembre de 2015). La idea era darles la oportunidad a personas de otros países de América Latina de venir y aprender del trabajo de los ingenieros y economistas uniandinos.

Firma del convenio

Tal como relata Álvaro Pinilla, profesor participante en este programa, “la UNU tiene como política la financiación de programas en determinados temas en distintos lugares del mundo” (comunicación personal, 30 de noviembre de 2015). En ese objetivo, se inscribe la postulación de Uniandes para ser sede del programa de entrenamiento en sistemas y tecnologías energéticas para América Latina. Cabe aclarar que había entidades educativas en otros países interesadas también en la realización de este trabajo.

En aquella época, el vicerrector de la UNU, con sede en Tokio, era Miguel Urrutia, egresado uniandino y muy cercano a Édgar Reveiz, decano de la Facultad de Economía de Uniandes. Gracias a este lazo se empezó a gestar el convenio para que la UNU y Uniandes fueran aliadas en temas académicos. Sin embargo, también es importante resaltar la participación de otras personas como Andrés Meleg, Vicedecano de la Facultad de Ingeniería y Álvaro Torres, profesor del departamento de Ingeniería Eléctrica. Ellos también mostraron interés en la creación de este programa. Además, según cuenta Luis Fernando Sanz, primer coordinador del programa, “fue fundamental la ayuda del profesor Fernando Navas en este proceso ya que, él fue el ideólogo del programa” (comunicación personal 18 de diciembre de 2015). Dadas todas estas circunstancias, la Universidad de los Andes presentó su propuesta basada, según Pinilla, “en adquirir una visión tanto técnica como económica de la implementación de nuevas soluciones en energías renovables” (comunicación personal, 30 de noviembre de 2015). De esta manera, logró ser elegida como sede para la realización del programa de entrenamiento

EL CONVENIO CONSISTÍA EN OTORGAR BECAS PARA PROFESIONALES LATINOAMERICANOS QUE ESTUVIERAN INTERESADOS EN PROFUNDIZAR SUS CONOCIMIENTOS EN TEMAS ENERGÉTICOS.



CONVENIO UNU-UNIANDES

Alianza para fortalecer el aprendizaje de temas energéticos en América Latina

e investigaciones en sistemas y tecnologías energéticas con la UNU. El convenio se firmó en 1984 y al año siguiente se inició con la primera promoción.

El convenio consistía en otorgar un número de becas para profesionales latinoamericanos que estuvieran interesados en profundizar sus conocimientos en temas energéticos. La UNU se hacía cargo de todos los gastos de movilidad a Colombia de estas personas y de los costos académicos (matrículas, profesores, materiales, entre otros). Sin embargo, según recuerda Beltrán, “una de las condiciones de la UNU era que no podía haber colombianos en el programa”.

Requisitos de ingreso al programa

El programa estaba diseñado para profesionales que tuvieran experiencia en temas relacionados con fuentes energéticas renovables. Por esta razón, se enviaba la convocatoria a entidades del sector energético para que personas que estuvieran en el medio pudieran aprovechar esta oportunidad. De igual manera, se contactaba a las universidades latinoamericanas para que los profesores que estuvieran haciendo investigaciones en este campo pudieran participar. El objetivo principal era garantizar que los becarios, al regresar a sus países de origen, pudieran poner en práctica todo lo aprendido en Colombia.

Los profesores de Uniandes viajaban a los distintos países para entrevistar a los candidatos y poder determinar si eran aptos o no para ingresar al programa. Además, se hablaba con el jefe inmediato, según relata Sanz, “para conocer la utilidad

futura del programa UNU-Uniandes en el desarrollo profesional del candidato”. Navas recuerda que en ocasiones “no era fácil encontrar gente que estuviera activa en temas de energías renovables, por lo que se buscaban personas que mostraran cierto interés en esos temas y pudieran ser semilla para estudios globales en energía en sus países de origen. En esa época, pocas escuelas de ingeniería en América Latina hacían estudios relacionados con el tema de energía”. Este programa podía ser un incentivo para que luego se crearan grupos de investigación que trabajaran en esto.

Se trató de un programa interdisciplinar en el que participaron tanto ingenieros como contadores públicos y economistas. Los participantes venían de todos los países de América del Sur, exceptuando Brasil, y de América Central y México. De hecho, Sanz recuerda que “estudiantes de universidades alejadas de las capitales de Perú y Ecuador valoraban mucho la posibilidad de hacer parte de este programa porque llevaban una serie de conocimientos para impulsar líneas de trabajo y de investigación en esos países”. Esa interculturalidad también permitió hacer estudios de comparación



Édgar Reveiz, ex decano de la Facultad de Economía de Uniandes.
Foto: L.A. Prieto, Fototeca Universidad de los Andes.



CONVENIO UNU-UNIANDES

Alianza para fortalecer el aprendizaje de temas energéticos en América Latina



De izquierda a derecha, en segundo lugar, Arturo Infante, acompañado de Juan Martín Caicedo, Miguel Urrutia y Ernesto Guhl Nannetti. Foto: Fototeca Universidad de los Andes.

entre la situación energética que vivía cada país. Entraban por cohorte entre 18 y 20 personas que venían principalmente de empresas de servicios, electrificadoras y universidades. El programa duraba once meses y durante ese tiempo los participantes permanecían en Colombia con el auspicio de la UNU.

Estructura del programa

El objetivo del programa en entrenamiento e investigaciones en sistemas y tecnologías energéticas, como queda consignado en el *Catálogo general*, era:

“buscar la actualización y profundización teórica y práctica de los participantes en sistemas y tecnologías energéticas, proporcionándoles de esta manera nuevas y mejores herramientas para el futuro desarrollo de sus funciones, e incentivando la creación y el fortalecimiento de mecanismos de intercambio de conocimientos y experiencias en el dominio de los sistemas energéticos” (Universidad de los Andes, 1985).

Para ello, se propuso una metodología que integrara aspectos teóricos y prácticos. De esta manera, los participantes veían cursos como: energía, recursos naturales y tecnología, fuentes energéticas no convencionales, energías fósiles y tecnologías, economía energética, modelaje y optimización, evaluación socioeconómica de proyectos energéticos y planeación energética global y en la industria. Además, participaban en talleres, laboratorios y visitas a entidades del sector. Cuenta Pinilla que “traíamos gente de Ecopetrol, de Interconexión Eléctrica S.A. (ISA), el Departamento Nacional de Planeación (DNP), entre otros, para dar conferencias. Además, se hacían visitas a El Cerrejón, el Centro Las Gaviotas en Vichada y a algunas empresas que fabricaban equipos en Bogotá”. Esto le daba un enfoque muy interesante al trabajo que se realizaba en el programa.

Para complementar el aprendizaje, los participantes tenían que desarrollar trabajos de investigación bajo la asesoría de investigadores de la Universidad. Con estos trabajos, afirma Sanz, “se buscaba que ellos ejercitaran esos instrumentos de estudio y de análisis trabajados durante su estadía en Uniandes”. A los estudiantes



CONVENIO UNU-UNIANDES

Alianza para fortalecer el aprendizaje de temas energéticos en América Latina

se les pedían dos tareas específicas: la primera, el análisis de la evolución, la historia y la identificación de prioridades de la planeación energética en sus países de origen; y la segunda, presentar a todo el grupo de estudiantes sus hallazgos para examinar las experiencias buenas y malas en América Latina. Sanz asegura también que “estas actividades enriquecían enormemente a los estudiantes y les permitían profundizar sus conocimientos en balances energéticos, políticas energéticas vigentes, estrategias y planes energéticos de cada país latinoamericano”.

Como ejemplo de los proyectos llevados a cabo por los participantes están: *Aproximaciones metodológicas para la generación de tecnologías apropiadas*, elaborado por Javier Gho de Chile y Thelma Rosa Fonseca de Nicaragua, bajo la asesoría del profesor Francisco Rodríguez; *Metodología para la evaluación de recursos eólicos*, a cargo de Raúl Leyte de México y asesorado por el profesor Álvaro Pinilla; *Diseño y construcción de una bomba Humphrey*, elaborado por Gilberto Zabala de Ecuador y dirigido por el profesor Rafael Beltrán; y, *Construcción y evaluación de una riobomba*, elaborado por Jorge Pizarro de Chile con la asesoría del profesor Jaime Loboguerrero.

Vale la pena destacar que la mayoría de los participantes de este programa continuaron con su trabajo en estos temas en sus países de origen y han hecho aportes significativos desde su área. Por ejemplo, Javier Gho, uno de los beneficiarios de este programa comenta que “este programa fue uno de los primeros a nivel latinoamericano, por lo que fuimos de la primera generación de especialistas en energía y teníamos conocimientos en energías renovables no convencionales (ERNC) que no tenía casi ningún profesional en Chile”. Sobre su experiencia, agrega que “me tocó participar como consultor para los dos primeros grandes proyectos en Chile: el diseño para la electrificación con sistemas fotovoltaicos en la región de Coquimbo (6500 sistemas) y el primer parque eólico 1,95 MW en Aysén”. Está claro que el programa fue fundamental para afianzar proyectos en distintas áreas de energía en toda América Latina.

En cuanto a los profesores que participaban en este programa, había tanto de la Facultad de Economía como de la Facultad de Ingeniería. Algunos nombres



De pie, en segundo lugar, Édgar Reveiz, Decano Facultad de Economía; y sentado, en cuarto lugar, Andrés Meleg, vicedecano Facultad de Ingeniería. Foto: Tavera B, Fototeca Universidad de los Andes.



CONVENIO UNU-UNIANDES

Alianza para fortalecer el aprendizaje de temas energéticos en América Latina

representativos son Fernando Acosta, Rafael Beltrán, Mario Castillo, David Ledersnaider, Jaime Loboguerrero, Karen Marie Mokate, Fernando Navas, Álvaro Pinilla, Carlos Puech, Jairo Ramírez, Fernando Cepeda, Guillermo Perry, Francisco Rodríguez, Luis Fernando Sanz, José Eddy Torres y Álvaro Torres, entre otros.

Aportes

Los beneficios que trajo esta alianza UNU-Uniandes fueron tanto a nivel institucional como académico. Por una parte, como asegura Beltrán “lograron consolidarse estudios en temas energéticos en la universidad y se realizaron proyectos con Colciencias”. Otro de los grandes logros fue “haber entrenado tanta gente de excelente nivel para que fortalecieran sus actividades en diversas empresas en América Latina”, asegura Pinilla. Esto hizo que la Universidad adquiriera gran reputación a nivel internacional y vinieran expertos de distintos lugares a visitar las instalaciones y aprender sobre el tema.

Por otra parte, como relata Navas, gracias a la realización de este programa en Uniandes se logró conformar un grupo de investigación en energía. Este grupo tenía un enfoque novedoso en sistemas porque “incluía una aplicación de los métodos del famoso profesor Stafford Beer para planeación energética colombiana”. Es importante resaltar que este enfoque es el único aplicado a los sistemas energéticos de un país. Esto marcó un hito a nivel internacional.

Adicionalmente, Sanz considera que “este convenio ayudó internamente a convencerse de la importancia de ver el sistema energético de manera integral y darse cuenta de que se trata de un trabajo conjunto entre ingenieros, economistas, matemáticos, abogados, entre otros”. No sirve el trabajo

aislado y desconectado que cada uno haga. Es fundamental intercambiar experiencias y apoyarse entre todos.

Evolución del programa

La Universidad de Naciones Unidas apoyó la realización de este programa internacional durante 1985 y 1986. Sin embargo, Rafael Beltrán se dio cuenta de la necesidad que se tenía en el país en el tema y planteó la posibilidad de que el programa siguiera adelante, con fondos uniandinos, y se diera paso a una especialización. En efecto, así se hizo, se rebautizó el programa y en los dos años siguientes se impartió la especialización en gestión de sistemas energéticos. Aquí ya podían participar estudiantes colombianos interesados en el tema. Vale la pena resaltar que en el convenio UNU-Uniandes los participantes recibían un reconocimiento de parte de la UNU pero no había lugar a título de grado. En cambio, con la creación de la especialización y la aprobación del Ministerio de Educación, los estudiantes recibían un grado como especialistas.

Las cifras son significativas, “el programa graduó a 32 estudiantes extranjeros procedentes de varios países de América Latina y 25 estudiantes nacionales en cuatro promociones (1985, 1986, 1987 y 1988) (Beltrán, 1990). Como se puede ver, hubo gran interés en este programa y los resultados obtenidos fueron importantes. No obstante, con el paso del tiempo, fue decayendo el interés en temas energéticos y la especialización dejó de funcionar porque no había estudiantes suficientes. En opinión de Pinilla, “se espera que ahora con la baja en los precios del petróleo y la dependencia del agua en el caso colombiano, se abran fronteras a otro tipo de fuentes energéticas que puedan suministrar energía eléctrica”. Esto hará que quizás el interés en energía vuelva a surgir y un programa como el de UNU-Uniandes pueda revivir y reinventarse. ○

BIBLIOGRAFÍA

Archivo general de la Universidad de los Andes. Bogotá Colombia.

Beltrán, R. (1990). *Ingeniería mecánica en la Universidad de los Andes*. Bogotá, Colombia.

Facultad de Ingeniería, Departamento de Mecánica. (1986). Noticias del departamento. *Mecánica al día*, 5(14). Bogotá, Colombia.

Universidad de los Andes. *Catálogo general 1985-1986*. Bogotá, Colombia.



EL INSTITUTO SER DE INVESTIGACIÓN

y su aporte a la administración de justicia

El artículo de Alfonso Reyes que viene a continuación logra una síntesis muy afortunada de los trabajos en el área de justicia realizados por el Instituto SER de Investigación en un periodo de 30 años (desde mediados del setenta). Aunque independiente de los Andes, el Instituto mantuvo estrechos vínculos con la Universidad, pero contó entre sus investigadores con personas de gran calidad provenientes de diversas universidades. El Instituto adelantó trabajos pioneros, además de los aquí reseñados, en educación, salud, administración pública, apoyo a la descentralización, planeación urbana y regional, y logró estructurar un equipo muy sólido de medición social. Su enfoque sistémico y multidisciplinario fue muy exitoso. Al decidir su disolución, hace unos años, nos basamos en que el inmenso capital científico y profesional de la Universidad de los Andes, y su propósito de apoyar y promover la investigación aplicada multidisciplinaria, hacían innecesaria la continuidad del Instituto.

Jorge Enrique Acevedo

La Memoria fue escrita por Alfonso Reyes Alvarado, Decano de la Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.



Investigadores y personal administrativo del Instituto SER afuera de las instalaciones en donde el Instituto alcanzó su pleno desarrollo (finales de la década del ochenta). Foto: Archivo personal de Eduardo Aldana.

EL INSTITUTO SER DE INVESTIGACIÓN

y su aporte a la administración de justicia

Luego de obtener su doctorado en el MIT en Sistemas Públicos, Eduardo Aldana regresó al país con la idea de conformar un centro de investigación que estudiase los principales problemas sociales de Colombia desde una perspectiva sistémica, interdisciplinaria y que articulara herramientas cualitativas y cuantitativas, para proponer soluciones innovadoras basadas en el uso de la tecnología del momento. Después de algunos intentos fallidos por concretar su idea en Los Andes, optó por crear el centro por fuera de la Universidad; este fue el origen del Instituto SER de Investigación.

El Instituto, desde sus inicios, mantuvo estrechas relaciones con la Universidad de los Andes, especialmente con estudiantes de últimos semestres que trabajaron allí como pasantes o desarrollaron sus proyectos de grado, gran parte de ellos de la facultad de Ingeniería. Por esta razón, nos parece pertinente recordar parte de esa historia en este número de la Revista de Ingeniería.

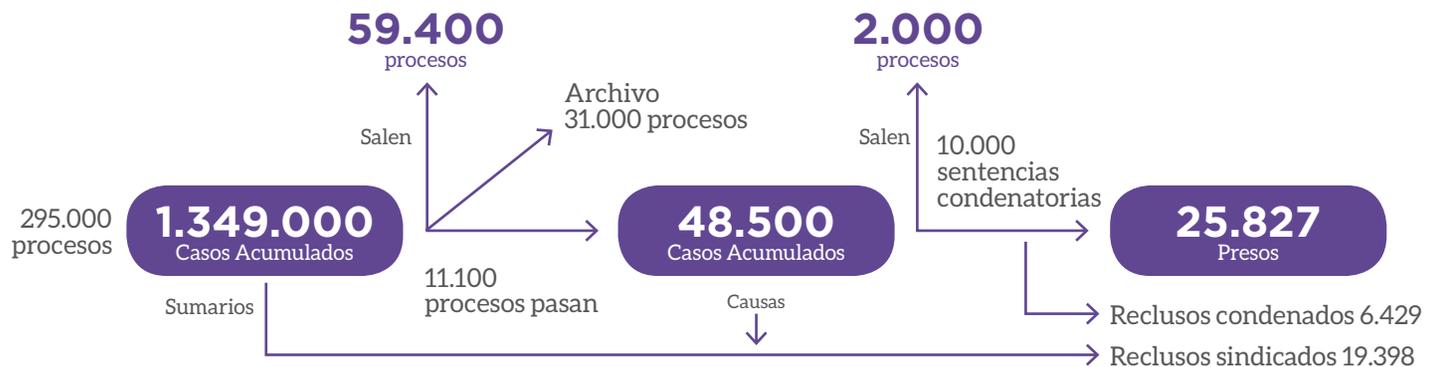
Uno de los temas en los que el recién creado Instituto concentró sus esfuerzos fue en la administración de justicia. Resultaba extraño, por decir lo menos, que un grupo de jóvenes investigadores, provenientes en su mayoría de disciplinas alejadas del derecho como la ingeniería y las matemáticas, se unieran con abogados, sociólogos, economistas y psicólogos para comprender los graves problemas que afrontaba la justicia en ese momento, a comienzos de la década del setenta¹.

El punto de partida fue medir con rigurosidad el nivel de congestión de la administración de justicia. Para ello, se concibió el sistema de gestión judicial como una “caja negra”

en la que los delitos que ocurrieran en el país se consideraban las variables de ingreso². La justicia debía hacerse cargo de esta complejidad mediante el trámite de los procesos judiciales respectivos. Las diferentes formas en que estos procesos podían terminar, permitían medir las “salidas” del sistema. Esta forma de describir la complejidad del problema, desde una perspectiva de ingeniería de procesos, fue algo novedoso en su momento porque permitió tomar rápida conciencia, no solo de su magnitud, sino de que sus posibles soluciones requerían de estrategias innovadoras que se alejaran de la lógica común de incrementar el número de juzgados.

La Figura 1 ilustra la “foto” de la congestión en la justicia penal en junio de 1982. Es claro de este diagrama que el número de procesos que podía evacuar el sistema penal era inferior al número de procesos que ingresaban anualmente. Si, además, se tenía en cuenta el número de procesos que estaban represados (en ese momento un poco más de un millón cuatrocientos mil), la conclusión inmediata era que, de no hacer algo radicalmente diferente, el sistema colapsaría en pocos años³.

FIGURA 1 Congestión de la justicia penal en Colombia (junio de 1982)



Fuentes: Dane, Estadísticas de criminalidad, 1979 y 1980; Instituto SER de Investigación, inventario de casos penales, 30 de junio de 1982; Dirección General de Prisiones, Minjusticia, julio de 1982

1. Entre este primer grupo quisiera destacar, sin pretender ser exhaustivo, los trabajos de Eduardo Aldana (ingeniero civil), Jaime Giraldo (abogado y psicólogo), Patricia Gómez (matemática), Ricardo Sala (ingeniero industrial), Annette Pearson (criminóloga) y Elena Amézquita (matemática e ingeniera industrial).
2. Aunque el Instituto decidió focalizar su interés inicialmente en la justicia penal, posteriormente abordó las problemáticas de las otras instancias: civil, laboral y administrativa.
3. El represamiento de procesos penales sigue siendo un lastre importante hoy en día. A pesar de los varios esfuerzos de evacuación extraordinaria, la dinámica de la criminalidad en el país ha ido aumentando. Hoy en día el número de procesos penales represados en la Fiscalía General de la Nación es de cerca de un millón doscientos mil.

EL INSTITUTO SER DE INVESTIGACIÓN

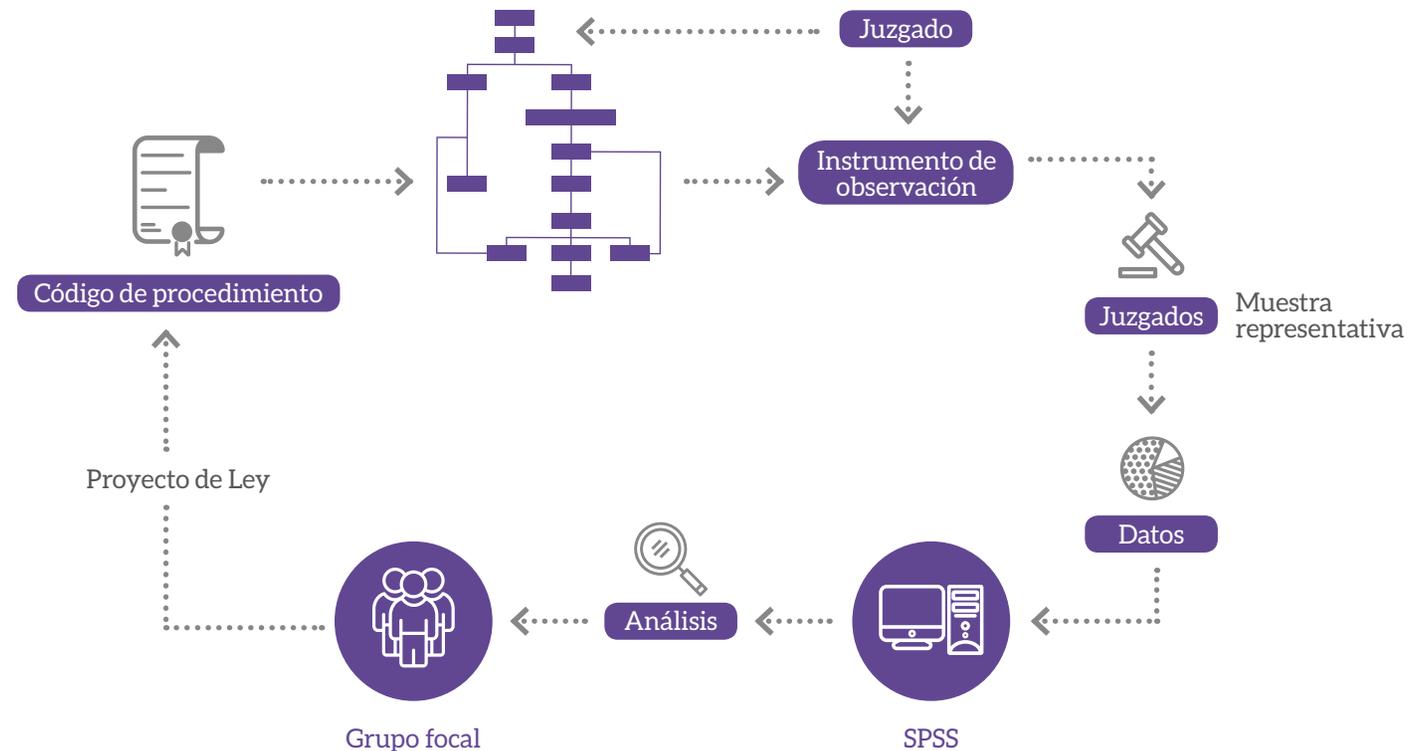
y su aporte a la administración de justicia

Pero la misma gráfica muestra otra problemática concurrente con la anterior: el hacinamiento carcelario. Del total de personas que se encontraban reclusas en las prisiones en ese momento, el 75% eran sindicados, es decir, personas a las que aún no se les había demostrado su responsabilidad en el delito por el que se les estaba investigando. Esto no solamente era una violación al principio constitucional de presunción de inocencia⁴, sino la fuente de posteriores demandas contra el Estado por encarcelación indebida⁵.

Dos consecuencias de este nivel de congestión son la impunidad (procesos que prescriben⁶) y la corrupción⁷. Este primer análisis llevó a los investigadores del Instituto a preguntarse por aspectos como: la eficiencia de los procesos judiciales, mecanismos alternos para resolver estos procesos y reformas estructurales del sistema de administración de justicia. Veremos a continuación algunas de las principales propuestas y proyectos piloto demostrativos que el Instituto SER desarrolló a lo largo de 25 años desde mediados de los años 80.

Para estudiar a fondo la eficiencia de los procesos judiciales, el Instituto diseñó y aplicó instrumentos de modelamiento usando diversos tipos de diagramas de flujo en los que se representaba gráficamente los códigos de procedimiento⁸. Utilizando técnicas de muestreo se recolectaron datos de un conjunto representativo de procesos y se hicieron reuniones con grupos focales. A partir de allí, utilizando análisis estadístico, pudieron identificarse “cuellos de botella”, redundancias, distribución inapropiada de recursos y otras debilidades del procedimiento. La Figura 2 ilustra la metodología que diseñó y utilizó el Instituto para este tipo de análisis.

FIGURA 2 Metodología diseñada por el Instituto SER para estudiar la eficiencia de los procesos judiciales



4. Ocurrieron casos aberrantes en los que algunos sindicados decidían trabajar en la cárcel y solicitar “reducción de pena” aún sin haber sido condenados. No pocos fueron encontrados inocentes, por lo tanto, al salir de la cárcel tenían un “saldo positivo a favor”, de días de reclusión.
5. En 2015 la cifra de estas demandas alcanzó el monto de 24 billones de pesos.
6. La prescripción ocurre cuando se agotan los tiempos procesales sin que el sistema penal haya podido concluir el trámite de investigación y juzgamiento.
7. Funcionarios judiciales cobran para alterar el orden en el procesamiento de los casos o para agilizar o retardar su trámite. Algo similar ocurre en los establecimientos carcelarios.
8. Estos códigos son leyes de la República que regulan los procedimientos y los tiempos que deben seguirse para adelantar los procesos correspondientes (penales, civiles, laborales, etc).

EL INSTITUTO SER DE INVESTIGACIÓN

y su aporte a la administración de justicia

Este tipo de análisis, novedoso en su momento, dio lugar a varias reformas a los códigos de procedimiento que acogieron las recomendaciones del Instituto. Pero, además, llevó a los investigadores a hacer propuestas más innovadoras utilizando la tecnología del momento, los primeros computadores personales.

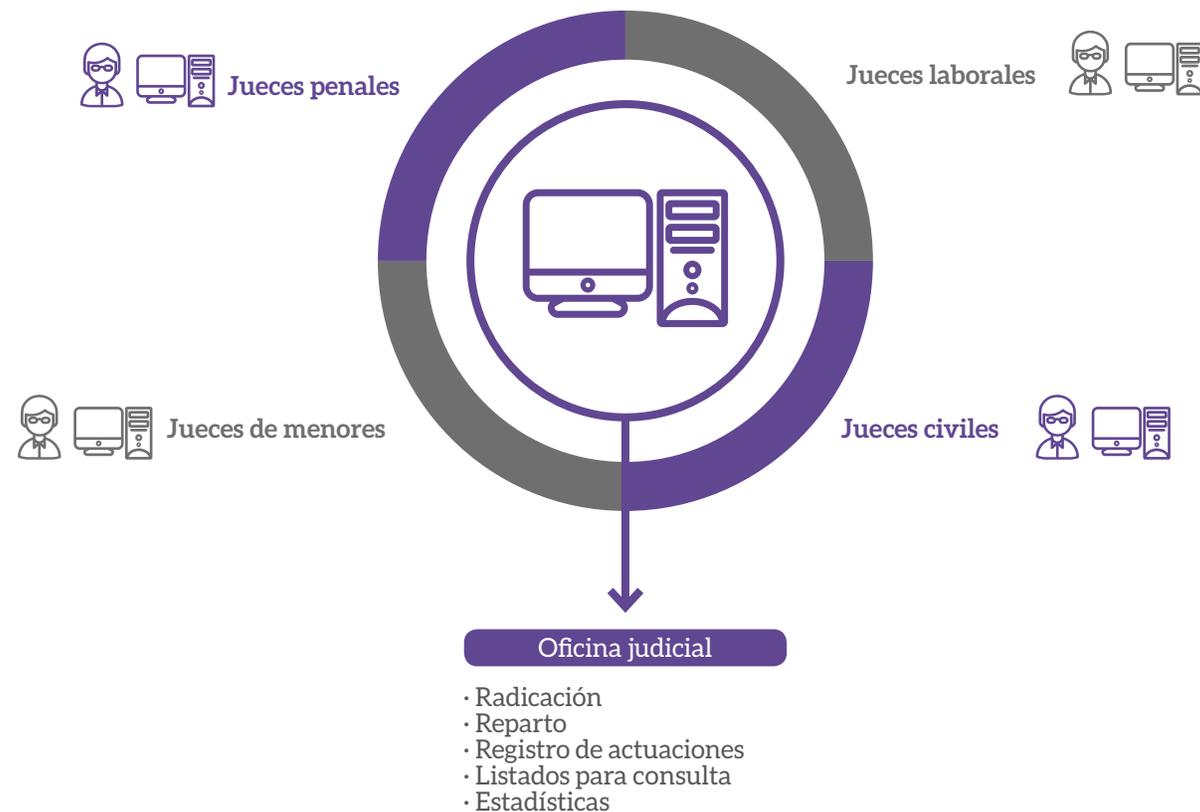
En 1984 se desarrollaron, simultáneamente, los primeros sistemas de información que agilizaban la gestión de los despachos judiciales⁹. Uno lo desarrolló el Instituto SER en el Tribunal Superior de Bogotá¹⁰, y el otro lo desarrolló el Ministerio de Justicia¹¹. Mientras que éste automatizó el reparto de los procesos penales en todos los juzgados de Paloquemao, aquél sistematizó los procesos en este Tribunal, el más grande del país.

Estos proyectos piloto causaron un gran impacto en su momento y abrieron la posibilidad de futuros desarrollo de la informática jurídica aplicada en el país. Por supuesto, automatizar procesos requería un rediseño de estos procesos, de lo contrario se corría el riesgo de hacer más eficientes, procesos mal diseñados. De allí surgió la idea de aplicar los principios de la administración moderna a la administración de justicia¹².

En 1989 se desarrolló una experiencia piloto en los juzgados de Itagüí con el apoyo del sector empresarial antioqueño. Allí se integraron, por primera vez, sistemas de información con cambios estructurales. La Figura 3 ilustra las principales características de este proyecto¹³.

La administración de justicia despertó de un largo letargo, caracterizado por la improvisación y el sentido común, y empezó a nutrirse de las teorías y prácticas de la gestión empresarial. Desde esta nueva perspectiva, se diseñó y puso en práctica un sistema de estadísticas basado en la definición y medición de indicadores en tiempo real, y se crearon bases de datos que le permitían a los jueces consultar la jurisprudencia de los Tribunales y las Cortes para apoyar sus decisiones¹⁴.

FIGURA 3 La re-estructuración y modernización de los juzgados de Itagüí (1989)



⁹. Este fue el origen práctico de la informática jurídica en Colombia. Es importante mencionar que, de tiempo atrás, otras personas habían venido haciendo reuniones y seminarios para fomentar el tema. Entre ellos Fernando Jordan, Jaime Giraldo y Abelardo Rivera.

¹⁰. Este desarrollo estuvo liderado por Óscar Flórez

¹¹. Este sistema fue desarrollado por Alfonso Reyes

¹². Ver, por ejemplo: Echavarría, H. (1979), "Aspectos administrativos de la reforma judicial", Bogotá.

¹³. En este proyecto fue clave el apoyo del Tribunal Superior de Medellín, en cabeza de la magistrada Lucía Arbeláez, y de la Fundación FES.

¹⁴. Los primeros sistemas de este tipo fueron desarrollados por el Instituto SER, con apoyo de la Fundación FES, para la Corte Suprema de Justicia. Hoy en día esta jurisprudencia puede consultarse desde Internet: <http://www.csj.gov.py/jurisprudencia/default.aspx?AspxAutoDetectCookieSupport=1>

EL INSTITUTO SER DE INVESTIGACIÓN

y su aporte a la administración de justicia

En esa misma época se inició un movimiento para repensar el propósito del sistema penal colombiano desde la presidencia de la Corte Suprema de Justicia¹⁵. Se comenzó a hablar de cuatro estrategias: descriminalizar, despenalizar, desjudicializar y desprisonalizar. La primera buscaba eliminar conductas obsoletas que aún estaban en el código penal¹⁶, la segunda proponía que ciertos delitos deberían tratarse en otras jurisdicciones¹⁷, la tercera planteaba mecanismos alternos para la solución de conflictos¹⁸, y la cuarta sugería utilizar penas distintas a la cárcel como medios de castigo de la conducta antijurídica¹⁹. Una consecuencia directa de estas estrategias era la reducción de la congestión en la rama judicial, principal problema de la época.

Para impulsar un cambio cultural en los jueces, abogados y funcionarios de la Rama Judicial sobre la urgencia de utilizar la tecnología para modernizar la gestión, se creó la Asociación Colombiana de Informática Jurídica (ASCOLDI)²⁰.

Los últimos años de la década del ochenta fueron aciagos para el país. El poder de los carteles de la droga llegó a su máxima expresión, y su intento fallido por ocupar cargos en las esferas del poder público, resultó en una escalada de violencia en las principales ciudades del país. El ministro Rodrigo Lara Bonilla fue asesinado el 30 de abril de 1984 y, poco tiempo después, varios jueces y magistrados del tribunal de Bogotá corrieron la misma suerte. El gobierno reaccionó reviviendo el tratado de extradición con Estados Unidos y, durante los siguientes dos lustros, el terror se apoderó de los ciudadanos. Decenas de jueces perdieron la vida, centenares de policías fueron asesinados, cuatro candidatos a la presidencia fueron víctimas

de sicarios del narcotráfico²¹, la explosión de carros bomba en los supermercados pasó a ser parte de la vida cotidiana de las grandes capitales y se produjo el holocausto del Palacio de Justicia en el que perdieron la vida 13 magistrados, incluyendo su presidente, así como centenares de funcionarios y visitantes, y otros más fueron desaparecidos²².

Dos años después, el gobierno crea la Jurisdicción Especial de Orden Público para hacer frente a los carteles del narcotráfico²³. El Instituto SER participa en el diseño organizacional de esta jurisdicción, así como en el desarrollo de toda la infraestructura tecnológica para apoyar el trabajo de los llamados “jueces sin rostro”²⁴.

En 1991 se convoca una Asamblea Nacional Constituyente para reformar la constitución de 1886. El Instituto SER participa en una de las comisiones preparatorias con propuestas de cambio institucional en el sector justicia. La nueva Carta crea el Consejo Superior de la Judicatura para hacerse cargo de los procesos de gestión administrativa de la Rama. Igualmente, se crean la Fiscalía General de la Nación y la Defensoría del Pueblo. Al mismo tiempo, los constituyentes prohíben la extradición.

Sin la presión de la extradición, los narcotraficantes deciden negociar su rendición con el gobierno y varios van a la cárcel, incluido Pablo Escobar²⁵. Al poco tiempo huye y regresa a la clandestinidad. Con el apoyo técnico de gobiernos extranjeros y la creación de un bloque de búsqueda, los jefes de los principales carteles son dados de baja²⁶. Mediante un acto legislativo, el congreso restablece la extradición²⁷.

15. En ese momento, ejercía como presidente de la Corte el magistrado Alfonso Reyes Echandía quien, además, era miembro del Consejo Directivo del Instituto SER de Investigación.

16. Tales como la prostitución y el duelo, entre otras.

17. Como el giro de cheques sin fondo, que podría tratarse en la jurisdicción civil.

18. Tales como la mediación y la conciliación. Con el tiempo esto dio lugar a la creación de los jueces de paz y el desarrollo de los servicios de conciliación en las cámaras de comercio.

19. Por ejemplo, la prisión domiciliaria y las restricciones de movilidad (hoy en día los brazaletes electrónicos), entre otras.

20. Impulsada, entre otras personas, por Jaime Giraldo Ángel, Alfonso Reyes Echandía, Abelardo Rivera Llanos, Zorayda Mendiwelo Bendek y Alfonso Reyes Alvarado. ASCOLDI desarrolló cursos, talleres, foros nacionales e internacionales desde 1984 hasta el 2000.

21. Luis Carlos Galán, Bernardo Jaramillo, Carlos Pizarro León Gómez y Jaime Pardo Leal; todos candidatos en las elecciones presidenciales de 1990.

22. El M19 se tomó el Palacio de Justicia el 6 de noviembre de 1985. El operativo, en gran parte, fue financiado por el cartel de Medellín.

23. Decreto legislativo 1631 de 1987.

24. Esta experiencia se basó en una jurisdicción similar que se desarrolló en Italia para enfrentar a la organización de la mafia.

25. El lugar y la construcción de esta cárcel, denominada “La Catedral”, fue muy polémica en su momento. Posteriormente se demostró que Pablo Escobar financió parte del proyecto y mantenía un control interno del establecimiento, lo que le permitió huir cuando decidió hacerlo.

26. Gonzalo Rodríguez Gacha (alias, el Mexicano) es abatido en 1989 y Pablo Escobar en 1993. Carlos Lehder había sido extraditado a USA en 1989 y Fabio Ochoa Vásquez fue extraditado en 2001.

27. Mediante acto legislativo del 16 de septiembre de 1997.

EL INSTITUTO SER DE INVESTIGACIÓN

y su aporte a la administración de justicia

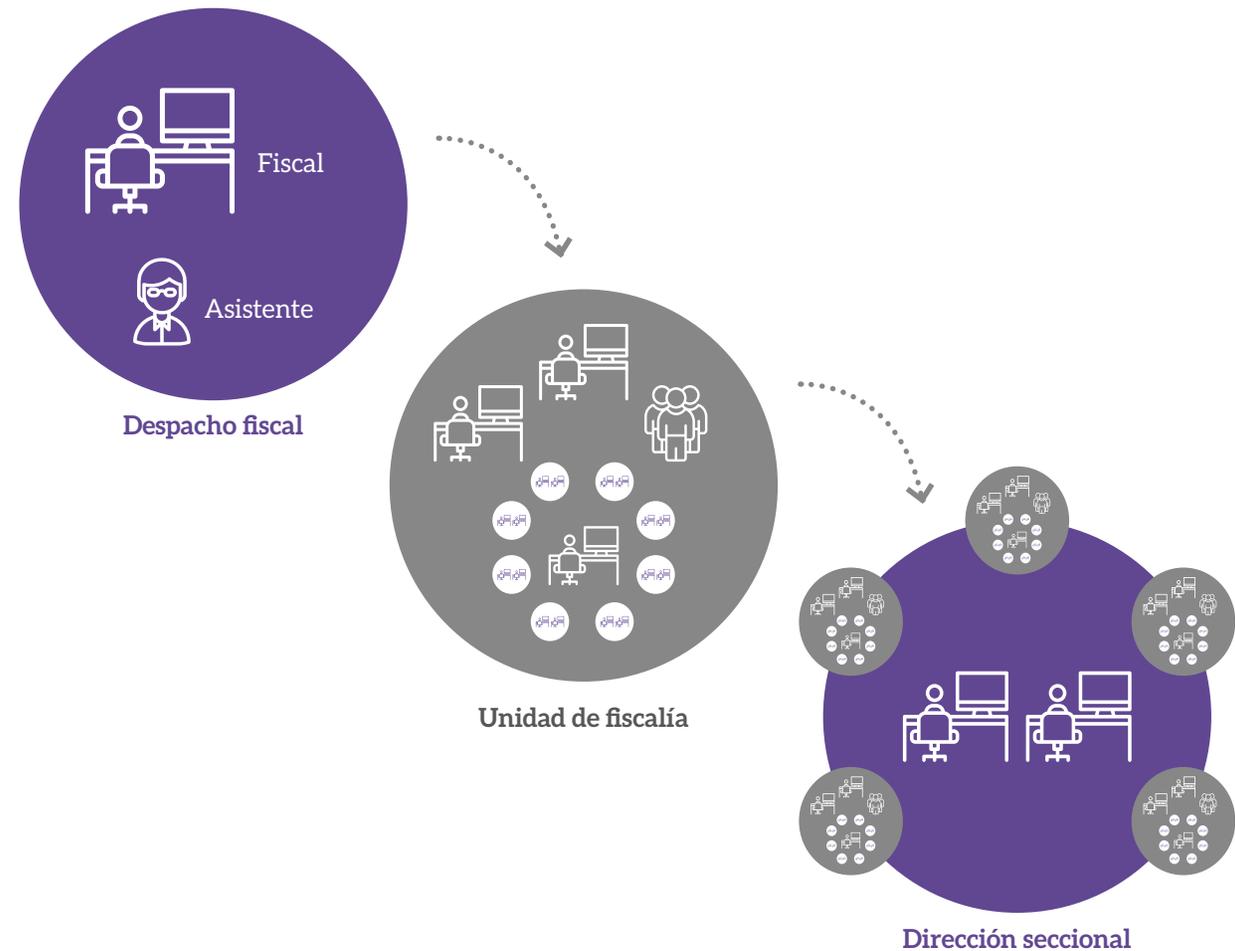
Con la creación de la Fiscalía General de la Nación se fortalece enormemente la capacidad del Estado para investigar los delitos. Una vez más, el diseño del nuevo ente es encargado al Instituto SER que lidera un grupo multidisciplinario de profesionales para determinar el aspecto arquitectónico²⁸, el diseño organizacional²⁹ y la infraestructura tecnológica y de sistemas de información requerida por el Cuerpo Técnico de Investigación (CTI)³⁰, uno de los tres brazos de la Fiscalía.

Con la creación del Consejo Superior de la Judicatura y de la Fiscalía General de la Nación, la Rama Judicial adquirió capacidad para desarrollar su propia tecnología y rediseñar sus procesos administrativos. Esta transferencia de conocimiento desde el Instituto SER hacia la Rama Judicial ocurrió también en las otras áreas de trabajo del Instituto. Por esta razón, y por el retiro de la mayoría de sus miembros, que siguieron su propio camino, el Instituto fue mermando su papel hasta tomar la decisión de disolverse. Para ello suscribió un convenio con la Universidad de los Andes que lo acogió en la Facultad de Ingeniería.

En el 2002, mediante el acto legislativo No. 3 del 19 de diciembre, el Congreso de la República modificó la Constitución para implantar en el país el Sistema Penal Acusatorio (SPA). Con el fin de diseñar su estructura organizacional, cuantificar el costo de su implantación, y plantear un plan de transición, el Instituto SER, desde la Facultad de Ingeniería, fue el encargado de llevar a cabo este proyecto. La figura 4 muestra parte de la propuesta de re-estructuración para asumir el nuevo rol de la Fiscalía en el SPA. Este fue el último trabajo en justicia desarrollado por el Instituto³¹.

En el tema carcelario el Instituto adelantó, a lo largo de su existencia, varios proyectos tendientes a desarrollar mecanismos de descongestión. Las principales recomendaciones fueron: restringir severamente la práctica común de la prisión preventiva, desarrollar penas alternativas a la prisión para cierto tipo de delitos y poner en operación un mecanismo de vigilancia electrónica para los sindicados de delitos poco graves³².

FIGURA 4 Propuesta de estructura de la Fiscalía para asumir el Sistema Penal Acusatorio



28. Coordinado por Daniel Bermúdez.

29. A cargo de Jaime Silva.

30. Coordinadas por Oscar Flórez y Alfonso Reyes.

31. Una síntesis del trabajo fue publicada en Reyes, A. (2005), "La implantación del sistema penal acusatorio en Colombia: un estudio multidisciplinario", Revista de la Facultad de Ingeniería No. 22.

32. Una descripción de esta propuesta se encuentra en: Aldana, E. y Reyes, A. (2004), "Disolver Problemas: Criterio para formular proyectos sociales", Bogotá: Editorial Uniandes.

EL INSTITUTO SER DE INVESTIGACIÓN

y su aporte a la administración de justicia

En 2015, mediante la Ley 1760, el ministerio de justicia reguló taxativamente la detención preventiva. Esta y otras medidas impulsadas por el ministro de la época, seguramente contribuirán en el mediano plazo a reducir sustancialmente el hacinamiento carcelario en el país.

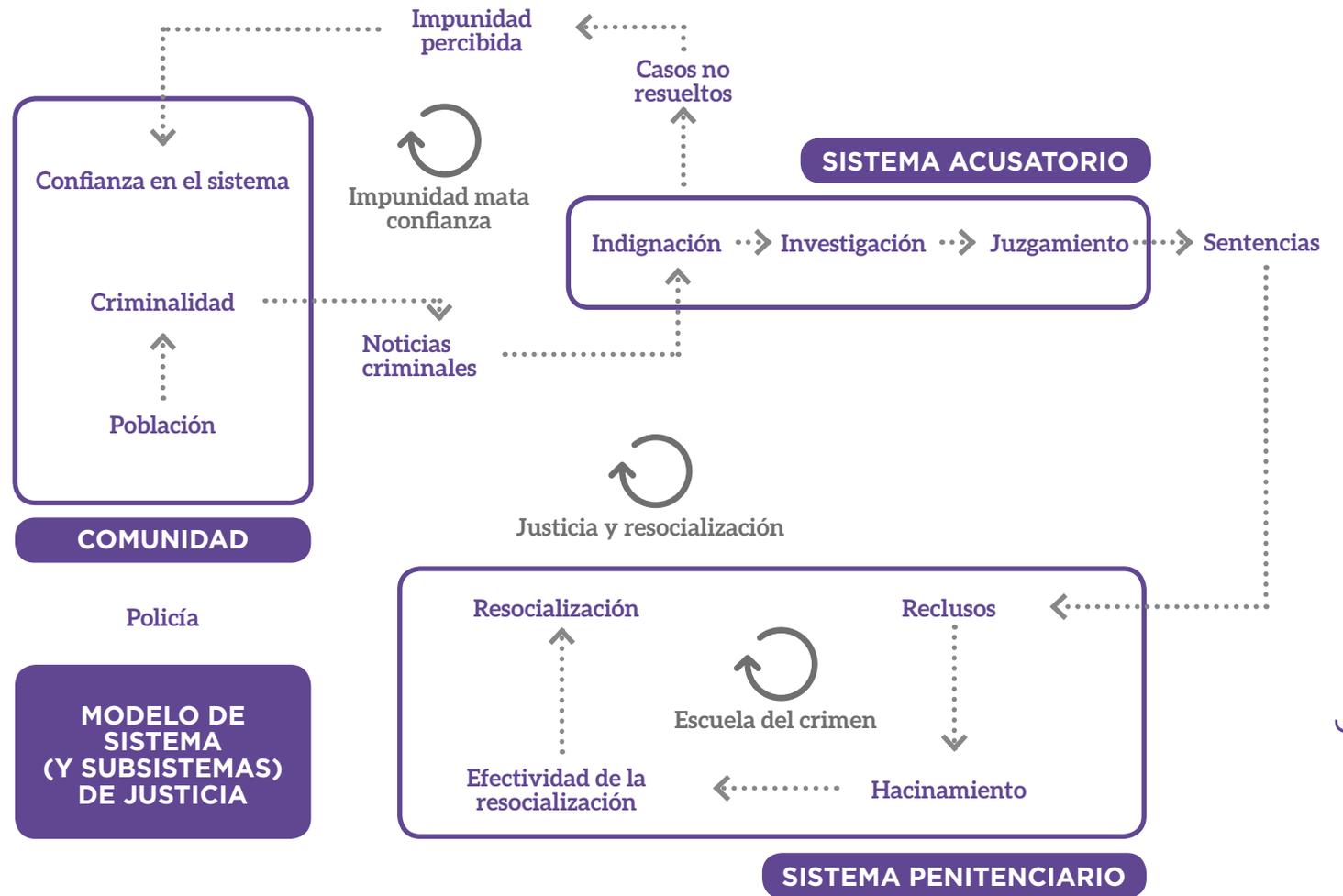
Desde el Departamento de Ingeniería Industrial se han desarrollado varios trabajos de grado tendientes a comprender la dinámica del sistema nacional penitenciario. El primero a cargo del profesor Isaac Dynner a finales de la década del noventa y, más recientemente, trabajos dirigidos por Camilo Olaya, profesor asociado de ese Departamento. El uso de la dinámica de sistemas ha sido particularmente útil para comprender la compleja dinámica del sistema de justicia colombiano. En la Figura 5 se puede apreciar uno de estos modelos elaborado por el grupo del profesor Olaya.

La Facultad continúa desarrollando trabajos en el sector justicia. En 2014 un grupo de profesores de Ingeniería con profesores de la Facultad de Administración y de Derecho, bajo la coordinación del profesor Ernesto Lleras, asesoraron a la Fiscalía General de la Nación en un nuevo ajuste estructural.

Así mismo, a comienzos de este año, la Facultad acordó asesorar a la secretaria de la recién creada Jurisdicción Especial para la Paz (JEP), en la estructuración de este importante componente establecido en el acuerdo con las FARC. Este trabajo será coordinado desde el CIFI por Orlando Cuevas y contará con la participación de la Facultad de Derecho.

El Instituto SER de Investigación, luego de varias décadas de servicio al país, terminó sus días en la misma Facultad que lo vio nacer a comienzos de la década del setenta. ○

FIGURA 5 Un modelo de dinámica de sistemas sobre el sistema de administración de justicia (2015)



EDUARDO ALDANA

El artífice del Instituto SER

Eduardo Aldana es uno de los más ilustres profesores de la Facultad de Ingeniería. Es Ingeniero Civil de la Universidad de los Andes, Magíster en Ingeniería Civil de la Universidad de Illinois y Ph. D. en Sistemas Urbanos del Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Ha sido Decano de la Facultad, Vicerrector, Rector y miembro honorario del Consejo Superior de la Universidad de los Andes. Fue director general de Colciencias, Gobernador del departamento del Tolima y fundador de la Universidad de Ibagué.

En 1998 recibió el título de Profesor Emérito, como reconocimiento a sus 56 años de labor en la Universidad de Los Andes.





Revista de Ingeniería

Rev_Ingeniería