

XVIII Reunión Nacional de  
Facultades de Ingeniería  
**Postgrados  
en Ingeniería**



**ACOFI**

ASOCIACION COLOMBIANA  
DE FACULTADES DE INGENIERIA



Cartagena de Indias, agosto 26 al 28 de 1998



**ACOFI**

ASOCIACION COLOMBIANA  
DE FACULTADES DE INGENIERIA

XVIII Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería

# Postgrados en Ingeniería



Cartagena de Indias, agosto 26 a 28 de 1998



ASOCIACION COLOMBIANA  
DE FACULTADES DE INGENIERIA

---

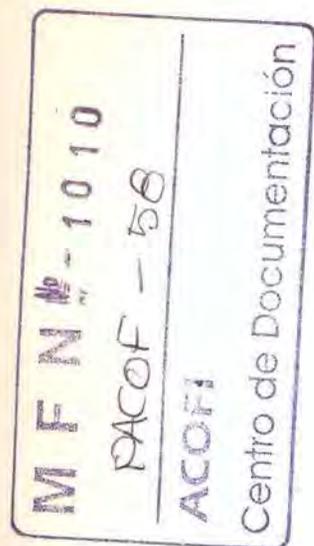
Carrera 50 No. 27-70 Edificios Camilo Torres  
Bloque C Módulo 7 Ofs.301/303/401/404  
Teléfonos 2215438 - 2219898 Fax 2218826  
E-mail: 104721.213@compuserve.com  
Santa Fe de Bogotá, D.C. Colombia

---

- Presidente** Ing. Jorge Ignacio Vélez Munera  
Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá
- Vicepresidente** Ing. Iván Ramos Calderón  
Universidad del Valle
- Consejeros**
- Ing. Eduardo Silva Sánchez  
Escuela Colombiana de Ingeniería - Julio Garavito
- Ing. Carlos Cortés Amador  
Universidad Nacional de Colombia
- Ing. Javier Páez Saavedra  
Universidad del Norte
- Ing. Raúl Guerrero Torres  
Universidad de Cartagena
- Ing. José Tiberio Hernández Peñaloza  
Universidad de los Andes
- Ing. Alvaro Pérez Roldán  
Universidad de Antioquia
- Ing. Carlos Builes Restrepo  
Universidad Pontificia Bolivariana
- Director Ejecutivo** Ing. Jaime Salazar Contreras  
Profesor Titular Universidad Nacional de Colombia

ISBN: 958 - 680-021-0  
Cartagena de Indias. Agosto de 1998

Las opiniones expresadas en esta publicación son independientes y no reflejan, necesariamente, las de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI-. Se permite reproducir el material publicado siempre que se reconozca la fuente.



## Presentación

La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI, consciente de su misión de propender por el mejoramiento de la calidad de la enseñanza de los programas de ingeniería en Colombia, dedica esta XVIII Reunión Nacional a reflexionar sobre el tema de los Postgrados en Ingeniería, en donde se involucran los asuntos curriculares, de investigación y obviamente las experiencias pedagógicas que se han desarrollado y aplicado en este tipo de formación.

Para este evento la participación internacional será muy importante y para ello se han invitado a conferencistas muy destacados de México, Argentina y España, con lo cual se busca comparar los sistemas de postgrado de esos países con el nuestro y conocer las experiencias e innovaciones pedagógicas más sobresalientes.

Con satisfacción se hace entrega de esta memoria, en la cual se expresa el interés y el trabajo realizado por los docentes encargados de los Postgrados, para quienes la Asociación desea hacerles un reconocimiento por el esfuerzo y dedicación, el cual sin duda redundará en el mejoramiento y la excelencia de los programas de postgrado en Colombia.

# Contenido

1. Programas de postgrado en ingeniería estructural de la Escuela Colombiana de Ingeniería: experiencias y perspectivas <i>Jairo Uribe Escamilla. Escuela Colombiana de Ingeniería -Julio Garavito .....</i>	9
2. Enseñanza de la ingeniería estructural con ayuda de la informática educativa <i>Jairo Uribe Escamilla. Escuela Colombiana de Ingeniería -Julio Garavito .....</i>	15
3. La componente matemática del postgrado en ingeniería <i>Juan Manuel Cordero Suárez. Escuela Colombiana de Ingeniería -Julio Garavito .....</i>	21
4. Sistema postgradual de ingeniería en Colombia <i>Napoleón Ramírez Gutierrez. Fundación Universidad Autónoma de Colombia .....</i>	27
5. Maestría en ingeniería electrónica: una aproximación a la integración entre la academia y el medio externo <i>Pedro R. Vizcaya G. Pontificia Universidad Javeriana .....</i>	51
6. Especialización en ingeniería de alimentos: un reto para la UNAD y una experiencia para Colombia <i>Carlos Enrique Cardona Fadul y Salomón Gómez Castelblanco. UNISUR .....</i>	57
7. Educación virtual en postgrados. Maestría en ciencias computacionales. Una experiencia en la formación del recurso humano especializado <i>Guillermo Rueda Rueda. Universidad Autónoma de Bucaramanga -UNAB .....</i>	65
8. La reingeniería de la ingeniería: el caso de la educación avanzada y la educación continuada <i>Asdrúbal Valencia Giraldo. Universidad de Antioquia .....</i>	71
9. La gestión de la ciencia y la tecnología en los programas de postgrado en ingeniería <i>Carlos Enrique Arroyave Posada. Universidad de Antioquia .....</i>	79

10. Sistema de autoevaluación de los programas de postgrados en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes <i>Alain Gauthier. Universidad de los Andes</i> .....	85
11. Magíster en Ingeniería de la Universidad de los Andes <i>Mauricio Sánchez Silva. Universidad de los Andes</i> .....	91
12. El programa universidad-empresa de la facultad de ingeniería de la Universidad de los Andes <i>Adriana Triana y Juan Guillermo Saldarriaga. Universidad de los Andes</i> .....	97
13. Puesta en marcha de un programa de doctorado en ingeniería: una experiencia en gestión académica <i>Marta Elena Millán e Iván Enrique Ramos Calderón. Universidad del Valle</i> .....	103
14. Los postgrados en ingeniería, una oportunidad de competencia académico-científica frente al desarrollo del país <i>Lilia Edith Aparicio Pico. Universidad Distrital Francisco José de Caldas</i> .....	109
15. Influencias de la experiencia laboral, capacitación recibida y deseada, e industria donde labora el profesional; en el diseño de programas académicos (formal o continuada) de postgrado en ingeniería <i>Luis Alberto Mora Gutiérrez. Universidad EAFIT</i> .....	115
16. Maestría en Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: una experiencia flexible <i>Luis Carballo Suárez y Marcelo Riveros Rojas. Universidad Nacional de Colombia</i> .....	123
17. Doctorado en ingeniería, Universidad Nacional de Colombia: una estructura funcional. Caso ingeniería química-Bogotá <i>Luis Carballo Suárez y Marcelo Riveros Rojas. Universidad Nacional de Colombia</i> .....	131
18. La reforma del postgrado en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional - sede Medellín: esquemas flexibles, nuevos programas y retos para el tercer milenio <i>Demetrio Arturo Ovalle Carranza, Fernando Arango Isaza e Isaac Dyner Rezonzew. Universidad Nacional de Colombia</i> .....	139
19. Los doctorados en ingeniería en Colombia <i>Antonio Mejía Umaña. Universidad Nacional de Colombia</i> .....	145
20. Sistematización del postgrado en estructuras <i>Jorge Arturo Márquez. Universidad Nacional de Colombia</i> .....	151
21. Excelentes cursos básicos una condición para excelentes postgrados <i>Gladys Amalia Villamarín Torres. Universidad Nacional de Colombia</i> .....	157
22. Concepción de las maestrías en ingeniería. Caso estudio, maestría en transportes <i>Domingo Ernesto Dueñas Ruiz y Luis Alfredo Vega Baez. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia</i> .....	163

23. Aspectos operacionales y académicos de la maestría en sistemas energéticos en la Universidad Pontificia Bolivariana <i>Pbro. Julio Jaramillo M., Pbro. Jorge Iván Ramírez A., Farid Chejne J. y Alán Hill B.</i> Universidad Pontificia Bolivariana .....	169
24. Los grupos de investigación y su relación con las maestrías y doctorados en ingeniería <i>Jorge Robledo Velásquez y Eduardo Domínguez Gómez.</i> Universidad Pontificia Bolivariana .	175
25. Administración, autofinanciación y calidad académica en los programas de postgrado <i>William Ardila Urueña, Carlos A. Holguin T. y Luis Enrique Llamosa Rincón.</i> Universidad Tecnológica de Pereira .....	183
26. Experiencia pedagógica e investigativa en el área de la instrumentación biomédica de la especialización en instrumentación física de la UTP <i>Luis Enrique Llamosa Rincón y William Ardila Urueña.</i> Universidad Tecnológica de Pereira .	189
27. Proyecto pre-diseño bongo fluvial río Magdalena <i>Magaly Martínez y Aparicio Olaya.</i> Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla .....	195
28. La física, elemento básico en la formación profesional del ingeniero <i>Jaime Arturo Lagos Figueroa.</i> Universidad Cooperativa de Colombia - Pasto, Nariño .....	201
29. Globalización y socialización de postgrados y doctorados <i>Isaac Feferbaum Zyto.</i> Universidad de la Salle .....	207

# PROGRAMAS DE POSTGRADO EN INGENIERIA ESTRUCTURAL DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA: EXPERIENCIAS Y PERSPECTIVAS

Por  
**Jairo Uribe Escamilla**  
**Profesor Titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería**  
**Profesor Titular de la Universidad Nacional de Colombia**

## RESUMEN

La Escuela Colombiana de Ingeniería inició su *Programa de Especialización en Estructuras: Práctica y Teoría*, en marzo de 1995. Desde entonces han culminado sus estudios dos promociones y está a punto de terminar una tercera.

En este trabajo se presentan los objetivos que se fijaron al crear esta especialización, los logros obtenidos y las dificultades encontradas. Se muestra el desarrollo y evolución del programa a lo largo del tiempo y se plantean las perspectivas que se tienen para el futuro.

Se espera que el conocer la experiencia de la Escuela sea de utilidad a otras instituciones interesadas en desarrollar programas similares bien sea por su propia cuenta o en asocio con ella.

## ANTECEDENTES

La Escuela Colombiana de Ingeniería tiene como meta la formación de ingenieros cuyas características distintivas sean la alta preparación técnica y el espíritu de solidaridad social.

En el cumplimiento de esta misión, teniendo en cuenta que los continuos avances tecnológicos hacen imprescindible para el profesional la necesidad de especializarse y mantener una permanente actualización en su campo de trabajo, la Facultad de Ingeniería Civil ofrece desde 1995 en el área de estructuras los programas para graduados descritos a continuación. Es importante señalar que la Ley 400 de 1997 estimula los programas de postgrado al indicar que el título de Especialista en Estructuras suple la experiencia profesional de 5 años requerida para efectuar o revisar diseños estructurales.

Cabe anotar que al fundarse la Escuela en octubre de 1972 se tuvo la intención de iniciar labores en 1973 tanto con un primer semestre de pregrado en Ingeniería Civil como con uno de postgrado en el área de Estructuras. Sin embargo, diversas circunstancias llevaron a que sólo 22 años después pudiese concretarse esta última aspiración.

La especialización es responsabilidad del Centro de Estudios Estructurales de la Escuela.

## **OBJETIVOS DE LOS PROGRAMAS**

En la Escuela los programas de postgrado en estructuras, buscan complementar la formación que reciben los ingenieros civiles en el campo del análisis, diseño y construcción de estructuras para que puedan responder en forma práctica y adecuada a los nuevos retos de su profesión. Se ha aprovechado la experiencia de las dos primeras promociones y se utilizan en donde son aplicables las prescripciones de la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-98.

En ellos se da especial énfasis a los siguientes aspectos:

- Análisis dinámico de estructuras y diseño sismorresistente de edificaciones.
- Aplicación de la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-98 en análisis y diseño.
- Métodos modernos de análisis y uso racional de programas comerciales de uso general.
- Utilización de hojas electrónicas en el diseño de miembros estructurales.
- Diseño de sistemas estructurales especiales que comúnmente no se ven en el pregrado.
- Ejecución y presentación de memorias de cálculo y planos estructurales generales y de detalles.

## **ESTRUCTURA CURRICULAR**

Inicialmente el programa de estudios comprendía un conjunto de ocho asignaturas desarrolladas en cuatro períodos, con 40 horas de clase presencial para cada una ofrecidas en un lapso de diez semanas. Las clases se dictaban de martes a viernes, dos días para cada curso, de 7 a.m. a 9 a.m. Para la segunda promoción los períodos se ampliaron a once semanas y por consiguiente el número de horas de clase a 44.

En ambas promociones los alumnos, con una excepción, tomaban dos cursos por período.

Actualmente, para obtener el título de Especialista los alumnos deben además de aprobar las ocho asignaturas, realizar un proyecto final que integre al máximo los conocimientos adquiridos en los cursos. Cada asignatura se desarrolla ahora durante cuarenta y cinco horas de clase presencial en un lapso de nueve semanas. Las clases se siguen dictando de martes a viernes con dos sesiones por semana para cada asignatura, pero ahora de 7 a.m. a 9:30 a.m.

Se eliminó el concepto de promociones y ahora los aspirantes pueden ingresar al Programa al comienzo de cualquiera de los cuatro períodos lectivos del año. Por otra parte se ha estimulado la toma de conciencia sobre el tiempo real de estudio que requiere cada asignatura por lo cual se recomienda a quienes simultáneamente tienen un trabajo de tiempo completo que sólo tomen una

asignatura en cada período, lo cual se interpreta como una dedicación de un cuarto de tiempo al Programa.

En 1998 los cursos se distribuyeron en los cuatro períodos en la siguiente forma:

*Febrero 3 a abril 3:*

- Diseño de edificios de muros portantes
- Diseño de estructuras de cimentación

*Abril 14 a junio 12:*

- Principios estructurales, métodos modernos de análisis y uso del computador.
- Diseño de estructuras de concreto preesforzado

*Agosto 4 a octubre 2:*

- Análisis dinámico de estructuras
- Diseño avanzado de estructuras de concreto

*Octubre 6 a diciembre 4:*

- Diseño sísmico y sistemas estructurales
- Diseño de estructuras metálicas I

El proyecto final se puede desarrollar en cualquier período, después de haber cursado las ocho asignaturas, o simultáneamente con la última de ellas.

## **MODALIDADES DE PARTICIPACION**

De acuerdo con los intereses particulares de los interesados se puede participar en el programa en tres modalidades: Especialización, Actualización y Educación Continuada.

### **Especialización**

Quienes se inscriben en el programa de Especialización deben participar activamente en ocho cursos del programa. Esto implica la asistencia cumplida a clase y a las demás actividades programadas, la ejecución de tareas y proyectos y la presentación de exámenes. También deben elaborar, como ya se dijo, un proyecto final que integre los conocimientos adquiridos.

Quienes aprueben todos los cursos y el proyecto final con un promedio acumulado no inferior a tres cinco (3.5), sobre cinco (5.0), recibirán el título de *ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS*.

El aspirante a este título que le pueda dedicar medio tiempo al programa puede tomar dos cursos por período y obtener el título en un lapso de 14 meses. Quienes sólo le puedan dedicar un cuarto de tiempo pueden tomar un curso por período y obtener el título en 26 meses.

### **Actualización**

Los participantes en esta modalidad deben tomar también todos los cursos del programa pero en este caso su compromiso se limita a la asistencia cumplida a clase y demás actividades programadas. No tienen que presentar exámenes ni trabajos ni elaborar el proyecto final.

Una vez cumplido el anterior requisito recibirán un diploma que certifique su participación en el *PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN*.

### **Educación Continuada**

Los cursos del programa pueden tomarse individualmente en la modalidad de educación continuada. Los participantes en esta modalidad tampoco tienen que presentar exámenes ni trabajos. A quienes asistan a por lo menos el 85% de las actividades programadas la Escuela les expedirá un certificado de asistencia.

### **CONDICIONES PARA EL INGRESO**

El programa está orientado a ingenieros que deseen profundizar y actualizarse en los métodos de análisis, diseño y construcción de estructuras que se utilizan en la práctica corriente de las firmas consultoras. Los participantes deben poseer el grado profesional de ingeniero civil pero eventualmente se podrán recibir candidatos de otras disciplinas que demuestren estudios o experiencia calificada en las áreas fundamentales del programa.

### **DERECHOS DE MATRICULA**

#### **Programa de Especialización**

El costo del programa de especialización (1998-1999) es de \$6'600.000 que pueden ser cancelados en cuatro cuotas iguales de \$1'650.000 con vencimiento aproximadamente cada dos y medio meses. Por pago de contado en cheque o en efectivo, el costo es de \$5'600.000.

Los participantes que sólo pueden dedicarle un cuarto de tiempo de dedicación al programa y paguen los respectivos derechos en la forma anteriormente descrita tienen derecho a tomar los cursos durante un plazo de 26 meses sin reajuste de precio.

#### **Programa de Actualización**

El costo del programa de actualización es de \$5'900.000 que pueden cancelarse también en cuatro cuotas iguales de \$1'475.000 y con los mismos plazos. El costo por pago de contado en cheque o en efectivo, es de \$5'000.000.

El pago en cualquiera de estas formas da derecho a tomar los cursos durante un plazo de 26 meses sin reajuste de precio.

### **Educación Continuada**

También es posible tomar asignaturas en la modalidad de educación continuada, dependiendo de la disponibilidad de cupo. Para ello sólo es necesario inscribirse previamente al inicio de cada asignatura. El costo por cada curso en 1998 es de \$800.000.

## **AYUDAS FINANCIERAS**

El Centro de Estudios Estructurales puede ofrecer ayuda económica a candidatos que hayan demostrado excelencia académica o en su ejercicio profesional, por medio de asistencias graduadas administrativas, docentes o investigativas. Los interesados en ellas deberán manifestarlo por escrito en el momento de hacer la solicitud.

## **EXPERIENCIAS DEL PROGRAMA**

### **Logros**

En general puede decirse que la experiencia de la Escuela con el Programa de Especialización en Estructuras ha sido exitosa y sirvió de base para abrir dos nuevas especializaciones: una en Recursos Hidráulicos y otra en Saneamiento Ambiental.

Desde la iniciación del programa se han graduado dos promociones de especialistas: 10 en la primera y 17 en la segunda. De los graduados 8 son mujeres y 19 hombres, lo cual indica una proporción de las primeras mayor que la que se suele encontrar en pregrado. En el próximo período desarrollarán su proyecto final los primeros cuatro ingenieros de la tercera promoción.

A ésta, que inició labores en abril de 1977, han ingresado 4 ingenieras y 37 ingenieros: 34 de ellos al programa de especialización y 7 en la modalidad de educación continuada. De los 34 que ingresaron a la especialización, 1 falleció trágicamente, 4 se retiraron, 19 continúan en el programa y 10 pasaron al programa de actualización principalmente por falta de tiempo para dedicarle al estudio y obtener el promedio mínimo requerido para aspirar al título.

### **Dificultades encontradas**

- La procedencia de los alumnos es muy variada: vienen de 13 universidades y obtuvieron su título de pregrado entre 1970 y 1998, de manera que los hay con un espectro muy amplio de preparación y experiencia profesional. Curiosamente un buen porcentaje no está dedicado al cálculo estructural sino a la construcción. Esta heterogeneidad dificulta en algunos casos el desarrollo de los cursos.
- La mayoría de los alumnos desempeña simultáneamente un trabajo de tiempo completo. Esto los obliga a tomar un solo curso por período lo cual desanima a potenciales aspirantes. Algunos otros creen poder tomar dos cursos y terminan cancelando la inscripción en uno para no arriesgar su promedio.
- Un porcentaje relativamente alto de los cursos del programa está a cargo de profesores de cátedra lo cual dificulta las consultas de los alumnos en tiempos diferentes a los de clase. Por otra parte esto ha dificultado la definición de los proyectos finales para obtener el título de Especialista.
- En el último año el número de inscritos ha sido inferior al que se esperaba, aparentemente por la difícil situación que atraviesa la industria de la construcción y en consecuencia las firmas dedicadas al diseño estructural

## PERSPECTIVAS

La Escuela espera confiada que la reactivación de la construcción contribuya a disminuir algunas de las dificultades encontradas. En consecuencia sigue haciendo planes para mejorar cada vez más sus programas de postgrado y ajustarlos a las necesidades cambiantes del país y de la profesión. En el momento se está trabajando activamente en los siguientes aspectos:

- Ofrecer a partir de 1999 cinco períodos por año con lo cual los tiempos anteriores de duración de los estudios se reducirían a 12 y 22 meses, según que la dedicación sea de medio tiempo o de un cuarto, respectivamente.
- Ampliar dentro del programa de postgrado el número de materias ofrecidas, algunas de las cuales serán obligatorias y otras electivas. Para empezar entre estas últimas se dictarán en un futuro próximo los siguientes cursos:

- ◇ Construcciones de madera
- ◇ Diseño de estructuras metálicas II
- ◇ Puentes

- Elevar la participación de los profesores de planta en los programas de postgrado de tal manera que por lo menos el 50% de las actividades del mismo estén a su cargo.
- Desarrollar líneas de investigación claramente definidas y adecuadamente financiadas para ofrecer un programa conducente al título de Magister en Estructuras.
- Establecer convenios con universidades destacadas del país y del exterior para ofrecer cursos dictados por profesores visitantes.
- Ofrecer en colaboración con universidades regionales los postgrados de la Escuela a profesionales de ciudades intermedias, mediante el sistema de teleconferencias.

Esperamos que este recuento de la experiencia de la Escuela sea útil para todas aquellas instituciones interesadas en iniciar programas de postgrado en el área de estructuras y gustosos les ofrecemos nuestra colaboración para llevar a feliz término dicho empeño.

# ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA ESTRUCTURAL CON AYUDA DE LA INFORMATICA EDUCATIVA

Por

**Jairo Uribe Escamilla**

**Profesor Titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería**

**Profesor Titular de la Universidad Nacional de Colombia**

## RESUMEN

Los enormes avances de la computación electrónica y los cambios en la metodología de estudio de las nuevas generaciones obligan a buscar nuevas formas de enseñanza de la Ingeniería Estructural.

En la mayoría de las instituciones de educación superior destacadas en este campo, se considera que el entrenamiento formal en el uso de programas comerciales de análisis y diseño es responsabilidad de las firmas de consultoría y no de las universidades. A éstas corresponde más bien el desarrollar y emplear programas sencillos que le permitan al alumno interactuar con la máquina y de esta manera lograr entender a cabalidad los principios en que se basan los que utilizará en su ejercicio profesional y sus correspondientes limitaciones. Por otra parte se espera que el uso masivo de multimedia conduzca en un futuro próximo a incrementar el gusto por la materia y su aprendizaje.

En este trabajo se presentan algunos programas de informática educativa desarrollados por el autor o bajo su dirección, con el propósito de servir como ayuda en los cursos de resistencia de materiales, análisis matricial de estructuras, diseño de estructuras metálicas y construcciones de madera. Se describe su desarrollo, las dificultades encontradas y los resultados obtenidos. Finalmente se sugieren medidas para facilitar su permanente actualización y su uso masivo en todas las Facultades de Ingeniería del país donde los puedan considerar útiles.

## ANTECEDENTES

Hace varios años el autor mencionó algunos de los problemas que enfrenta la enseñanza de la ingeniería estructural, Ref. 1 y 2. Entre las soluciones planteadas se destacó la importancia de desarrollar programas adecuados de aprendizaje con ayuda de microcomputadoras como herramienta invaluable para tratar de subsanar las deficiencias encontradas.

El auge de la computación electrónica si bien facilitó enormemente la labor computacional, liberando al ingeniero del tedio y la rutina implícitos en procesar operaciones, creó una nueva inquietud sobre hasta qué tanto y cómo se debe enseñar el uso de programas comerciales y si estos contribuyen o no a capacitar al estudiante en el diseño conceptual. En general, los programas comerciales sólo permiten un mínimo de interacción con el usuario: en la entrada de datos y en la manera como desean obtenerse los resultados. Por lo demás actúan como verdaderas cajas negras con el evidente peligro que esto representa para quienes los usan indiscriminadamente sin tener conocimientos adecuados sobre los principios en que se basan.

Es por esto que se hace necesario utilizar en las universidades programas orientados directamente hacia el aprendizaje, que empleen las mismas técnicas de los programas comerciales pero que posean las cualidades necesarias para lograr un cabal entendimiento del proceso de solución.

### **VENTAJAS DE LA ENSEÑANZA CON MICROCOMPUTADORAS**

Las microcomputadoras se prestan muy bien para ejecutar programas que cumplan con los requisitos indispensables para que un proceso de enseñanza-aprendizaje sea eficiente, a saber:

- Que sea interactivo para estimular la participación del estudiante
- Que la enseñanza se pueda considerar individualizada
- Que el paso de avance esté controlado por el estudiante
- Que exista la posibilidad de autoexaminarse y obtener reconocimiento en forma instantánea.

El autor, motivado por programas desarrollados en la Universidad de Cornell desde los años 70 para aprovechar las capacidades gráficas interactivas de las computadoras en la enseñanza y práctica de la ingeniería estructural, inició al comenzar la década de los 80 el desarrollo de programas para analizar estructuras reticulares que sus alumnos pudieran utilizar en los cursos de análisis matricial y que sirvieran de base para que ellos mismos elaboraran nuevos programas que poco a poco fueran incorporando las características didácticas ya señaladas. A continuación se hace un recuento tanto de los programas propios como de algunos que bajo su dirección se escribieron entre 1982 y 1996 y que están actualmente en proceso de actualización y perfeccionamiento.

### **ANALEST (ANALisis de EStructuras)**

Es un sistema para el análisis de estructuras reticulares cuyo objeto es servir de ayuda en el análisis y diseño de estructuras reticulares. El autor comenzó a desarrollarlo en 1981 como material básico de trabajo para sus cursos en la Universidad Nacional. También fue utilizado en los de la Escuela Colombiana de Ingeniería y de la Universidad de los Andes y posteriormente fue probado en varias firmas de ingeniería de consulta y algunas entidades oficiales, verificándose su utilidad para el estudio de problemas reales.

La primera versión de los programas, escrita en BASIC para el sistema operativo MS-DOS de Microsoft, se entregó a la Facultad en 1987, Ref. 3. Sirvió de base para el trabajo de promoción

del autor a Profesor Titular de la Universidad Nacional en 1992, que finalmente fue publicado como libro con el título *Microcomputadores en Ingeniería Estructural*, en 1995, Ref. 4.

Por limitaciones de tiempo y de equipos dichos programas no cumplen con todos los requisitos esperados de programas de naturaleza docente. Su interacción con el usuario está limitada, como en la mayoría de los programas comerciales, pero el hecho de contar con los listados fuente y con explicación detallada tanto del análisis matricial como de la programación, facilita que los interesados los modifiquen para satisfacer sus propios gustos o necesidades y sobretodo que entiendan cabalmente cómo funcionan los programas que estará usando en el ejercicio profesional.

Además y esto es lo más importante de acuerdo con la intención inicial, sirvieron de semilla para desarrollos más eficientes desde el punto de vista didáctico como los que se describen enseguida.

### **AYUDAS DOCENTES POR COMPUTADOR PARA EL ESTUDIO DE LA RESISTENCIA DE MATERIALES**

En 1990 Corrales presentó como proyecto de grado un programa tutorial desarrollado para que sirviera de apoyo en el estudio por computador de los temas vistos en el curso de Resistencia de Materiales, Ref. 5.

Este programa fue mejorado por La Rotta en 1996 aprovechando los nuevos desarrollos tecnológicos, Ref. 6. Para ello utilizó la aplicación **Authorware** de **Macromedia**, **Director** de la misma empresa para la realización de animaciones, **Equation Editor** para incorporar expresiones algebraicas, **Adobe Premiere** en la digitalización y compresión de videos y los procesadores de palabra **Word**.

### **PARRILLAS - DESARROLLO GRAFICO Y COMPLEMENTACION DEL PROGRAMA DE AYUDAS DIDACTICAS PARA EL ANALISIS DE PARRILLAS POR COMPUTADOR.**

En 1992, Escalante, exalumno de la Universidad de los Andes, obtuvo su doctorado en la Universidad Politécnica de Cataluña, con el desarrollo de los programas **VIGAS** y **PORTICOS**, Ref. 7, que hoy en día son comercializados como parte del paquete *Softeducativo* por dicha Universidad. Ellos siguen esencialmente la programación estructurada de **ANALEST** pero ya con todas las características de un programa didáctico compuesto por las siguientes secciones:

- Teoría y ayuda
- Biblioteca de problemas
- Posibilidad de asignar nuevos problemas
- Desarrollo paso a paso e interactivo, si se desea, del análisis matricial del ejemplo propuesto
- Especificación de la forma como se quieren ver los resultados: numérica o gráficamente.

Siguiendo su metodología Posso desarrolló el programa **CERCHAS** como tesis de magister, presentada en 1993, Ref. 8.

Contando con la experiencia del trabajo de Posso, Doria presentó como proyecto de grado en 1994 el programa PARRILLAS, Ref. 9. Partió de un trabajo iniciado por Villamizar, Ref. 10, siguiendo en la parte analítica a ANALEST y utilizando en la presentación didáctica el mismo esquema del programa PORTICOS de Escalante, con algunas modificaciones. Empleó también el sistema operativo MS-DOS v. 5.0 y ambiente Windows v. 3.1 pero en lugar del Turbo C++ 3.0 usó Microsoft Visual C++ 1.0.

Podría decirse que el trabajo de Doria fue el primero desarrollado en nuestro medio para la enseñanza del análisis matricial de parrillas que cumple con todas las características que debe tener una ayuda docente para ser realmente eficiente. Vale la pena destacar entre sus recomendaciones la de utilizar para el desarrollo de programas educativos un lenguaje como C++ que permite hacer uso de la programación orientada al objeto lo cual facilita la actualización del programa.

### **ARMADURAS - PROGRAMA DIDACTICO E INTERACTIVO POR COMPUTADOR COMO AYUDA DOCENTE EN EL ANALISIS DE ARMADURAS METALICAS**

Al aparecer **Visual Basic**, que tiene una interfase gráfica de usuario para crear aplicaciones para Windows, y teniendo en cuenta que ANALEST fue desarrollado en BASIC, Ariza elaboró como tesis de magister el programa ARMADURAS, Ref. 11, que tiene el mismo objetivo de CERCHAS pero que aprovecha las ventajas del nuevo lenguaje para hacerlo más amigable y poderoso.

Ariza adaptó la parte original del ANALEST a ambiente Windows, agregándole las propiedades didácticas señaladas antes y creando los módulos respectivos para cada etapa. Con posterioridad a su tesis ha seguido trabajando en estos programas para cubrir todos los tipos de estructuras reticulares.

### **METALICA V 2.0 - PROGRAMA DIDACTICO E INTERACTIVO POR COMPUTADOR PARA EL DISEÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES METALICOS**

A su vez Muñoz, Ref. 12, decidió aprovechar el **Visual Basic Professional**, v. 3.0, para desarrollar una metodología de aprendizaje por computador como ayuda docente para el diseño y verificación con la norma vigente en ese entonces, de miembros de estructuras metálicas, sometidos a diferentes solicitaciones de carga.

El suyo es un programa para ambiente Windows, novedoso, didáctico e interactivo, que permite diseñar y verificar miembros de estructuras de acero, de una forma rápida y sencilla.

### **DESARROLLO DE UNA APLICACION EN MULTIMEDIOS PARA LA ENSEÑANZA DEL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE MADERA**

El auge de las aplicaciones que utilizan multimedios y su indudable potencial en el campo educativo motivaron a Aguilar a trabajar en el desarrollo de una aplicación en multimedios para que cualquier persona pudiera entender y le permitiera aprender con facilidad cómo se diseñan y

construyen las edificaciones de madera, junto con sus ventajas y desventajas. El resultado fue su tesis de magister, Ref. 13, presentada en 1996.

La aplicación se desarrolló con los programas **Autor Ware Professional** y **Macro Mind Director** que se presta para desarrollar mejor las simulaciones. Además se utilizaron **Adobe Photo Shop** y **Adobe Premiere** para el procesamiento del material fotográfico.

## CONCLUSIONES

En Colombia se han desarrollado programas muy interesantes que facilitan la enseñanza de la ingeniería estructural tanto en sus aspectos analíticos como de diseño. El potencial de las microcomputadoras para mejorar la eficiencia del proceso de aprendizaje es enorme e innegablemente no se pueden ignorar al estudiar reformas en los planes de estudio y en las metodologías de enseñanza.

Las dificultades principales que se tuvieron en el desarrollo de los programas resumidos acá fueron:

- La carencia de equipos y programas de soporte adecuados debido a su alto costo y a la triste realidad de que, a diferencia de las universidades de los países avanzados que reciben gratis o muy subsidiados tales equipos y programas, a las nuestras les toca comprarlos a precios elevados.
- El desarrollo vertiginoso de la informática que rápidamente vuelve inadecuados los programas escritos hace pocos años.
- La necesidad de aprender lenguajes especiales de programación de los cuales los estudiantes de la Ingeniería Civil tienen por lo general poco o ningún conocimiento.
- Los cambios periódicos en los códigos de diseño que obligan a la actualización permanente de las aplicaciones que incluyen dicho tema.

Por otra parte al autor le queda la frustración de que los programas aquí expuestos han sido aprovechados en forma mínima por los estudiantes. Entre las posibles causas de este aparente fracaso podría señalar las siguientes:

- Falta de una divulgación adecuada. En su mayoría las tesis y proyectos de grado se quedan en las bibliotecas de las universidades de origen y en muchos casos los disquetes respectivos se pierden con el tiempo.
- Falta de estímulo a la investigación docente que permita ofrecer asistencias con pago a estudiantes de postgrado deseosos de trabajar en este campo, para que no se pierda la continuidad de las aplicaciones desarrolladas.
- La deshonestidad a que nos hemos acostumbrado que hace proliferar la llamada *piratería* y que francamente desanima a quienes nos hemos dedicado a desarrollar programas con el único deseo de que sean útiles a todos aquellos que comparten con nosotros el gusto por las estructuras.

Para terminar, el autor propone que entidades como la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI, o COLCIENCIAS financien una amplia divulgación de estos programas y otros similares que han sido desarrollados en nuestras universidades. Sólo así podrán ser evaluados y corregidos y llegar a cumplir por fin el principal objetivo que tuvieron sus autores al dedicarle tiempo y esfuerzo: que contribuyan a mejorar la enseñanza y a facilitar el aprendizaje de quienes nos siguen en el estudio de la ingeniería estructural.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 - Uribe, J. - *La enseñanza de la Ingeniería Estructural en los umbrales del siglo XXI* - Memorias de las Décimas Jornadas Estructurales de la Ingeniería de Colombia y Primer Simposio Panamericano en Construcción de Mampostería en Zonas Sísmicas, Sociedad Colombiana de Ingenieros, Bogotá, 1993.
- 2 - Uribe, J. - *Incidencia del uso del computador en la enseñanza de la Ingeniería Estructural* - Seminario internacional sobre criterios en el uso de programas de computador en Ingeniería Estructural, Asociación Colombiana de Ingeniería Estructural, ACIES, Bogotá, Julio de 1992.
- 3 - Uribe, J. - *ANALEST: Sistema para el análisis de estructuras* - Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1987.
- 4 - Uribe, J. - *Microcomputadores en Ingeniería Estructural* - Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia y Ecoe Ediciones, Bogotá, 1995.
- 5 - Corrales, J. A. - *Ayudas para el estudio por computador de resistencia de materiales* - Proyecto de grado, Universidad de los Andes, 1990.
- 6 - La Rotta, C. H. - *Ayudas docentes por computador para el estudio de la resistencia de materiales* - Tesis de magister, Universidad de los Andes, 1996.
- 7 - Escalante, F. - *Una metodología para la enseñanza asistida por ordenador en ingeniería estructural* - Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 1992.
- 8 - Posso, G. A. - *Ayudas docentes para el análisis de armaduras* - Tesis de magister, Universidad de los Andes, 1993.
- 9 - Doria, J.M. - *Desarrollo gráfico y complementación del programas de ayudas didácticas para el análisis de parrillas por computador* - Proyecto de grado, Universidad de los Andes, 1994.
- 10 - Villamizar, R. - *Ayudas docentes por microcomputadores para el diseño de estructuras metálicas* - Tesis de magister, Universidad de los Andes. 1993.
- 11 - Ariza, C.F. - *Programa didáctico interactivo por computador como ayuda docente en el análisis de armaduras metálicas* - Tesis de magister, Universidad de los Andes, 1996.
- 12 - Muñoz, E.E. - *Programa didáctico e interactivo por computador para el diseño de miembros metálicos* - Tesis de magister, Universidad de los Andes, 1996.
- 13 - Aguilar, S.P. - *Desarrollo de una aplicación en multimedios para la enseñanza del diseño y construcción de estructuras de madera* - Tesis de magister, Universidad de los Andes, 1996.

# LA COMPONENTE MATEMATICA DEL POSTGRADO EN INGENIERIA

Ing. Juan Manuel Cordero Suárez  
Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito"  
Santafé de Bogotá, D.C. 8 de Mayo de 1998  
e.mail: jcordero@escuelaing.edu.co.

## INTRODUCCION

Como medio de comprensión de los fenómenos naturales, las matemáticas han sido por excelencia una vía para el modelaje de éstos. Al revisar los contenidos programáticos de matemáticas en el pregrado de Ingeniería saltan a la vista interrogantes como : ¿ Las matemáticas estudiadas en el pregrado son suficientes para abordar materias de postgrado?, ¿ Se requerirán de temas de matemáticas avanzadas para el postgrado?, o bien ¿ El estudio del postgrado ha de ser más teórico que práctico o viceversa?. con la ayuda de un sondeo encuestador a las instituciones vinculadas a ACOFI espero responder a los anteriores cuestionamientos.

### I. LAS MATEMATICAS EN EL PREGRADO DE INGENIERIA

Al desarrollar los cursos básicos de matemáticas en el pregrado de ingeniería, se pretende a corto y mediano plazo :

- A. Estructurar el pensamiento de los jóvenes estudiantes. Las ideas e ilusiones del alumno han de ser encaminadas a propósitos y planes de acción a fin de ser desarrollados metódica y activamente en la resolución de problemas teórico-prácticos.
- B. Conversión de procesos complejos en una suma de procesos simples que junto con el desarrollo de la agilidad y rapidez mental propia del quehacer matemático, permitirán el desarrollo de una metodología propia de trabajo.
- C. Desarrollo de hábito de la disciplina por medio del constante y continuo esfuerzo y sacrificio a través del estudio de las matemáticas, lo que permitirá unir con un puente el entender con el comprender vivenciando así un verdadero aprendizaje.
- D. Potencialización de las habilidades de ingenio al pensar, reflexionar, razonar, idear acerca de problemas reales.

## II. LOS ALCANCES DE LA MATEMATICA BASICA EN LOS POSTGRADOS DE INGENIERIA

Entre los meses de marzo y junio del presente año se llevó a cabo, entre 70 de las universidades vinculadas a ACOFI, una encuesta que pretendía medir, en primera instancia, el alcance que tenían los temas principales de la matemáticas básica en los postgrados de ingeniería. En el anexo N°1 se puede observar la distribución de frecuencias obtenidas y el promedio ponderado de cada tema evaluado.

Al analizar los resultados de la encuesta se puede notar la tendencia de influir en los temas de postgrado, materias de orden práctico, como algunas universidades opinan que las matemáticas aplicadas son la esencia de la maestría en ingeniería ya que la aplicación de métodos matemáticos son los que permiten resolver los problemas planteados en ingeniería ya que la mayoría de los procesos en ingeniería involucran expresiones matemáticas que deben resolverse numéricamente algunas veces y no admiten solución analítica sino una adecuada simulación que requieren matemáticas aplicada.

Entre los tópicos prácticos del alcance de la matemáticas básico de los postgrados en Ingeniería se pueden citar la derivación, el manejo de sistemas de ecuaciones y matrices, las ecuaciones diferenciales los cual corrobora lo citado en el anterior párrafo.

## III LOS REQUERIMIENTOS MATEMATICOS EN LOS POSTGRADOS EN INGENIERIA

Al enfrentarse el ingeniero a la toma de decisiones, la matemática (analítica y experimental) le ofrece inicialmente la capacidad de tomar decisiones que con la ayuda del caudal de la experiencia personal, el sentido común y las diversas relaciones que se pueden establecer con el conocimiento previo y adquirido, el ingeniero podrá acertar con un buen porcentaje de éxito las situaciones que pueda enfrentar.

El resultado de la encuesta mostró que los requerimientos matemáticos en los postgrados son propios del área de estudio en particular, por ejemplo:

POSTGRADO	REQUERIMIENTO
- Magister en informática	Matemáticas discretas
- Mestría en ingeniería química	Métodos numéricos
- Mestría en potencia eléctrica	Transformaciones modales
- Procesos de alimentos	Métodos numéricos
- Gerencia de la producción	Dinámicas de sistemas
- Gerencia de proyectos	Análisis numéricos

- |                                       |                          |
|---------------------------------------|--------------------------|
| - Gerencia de construcciones          | Matemáticas financiera   |
| - Gestión y gerencia ambiental        | Series de Fourier        |
| - Sistemas energéticos                | Análisis numérico        |
| - Gestión ambiental                   | Análisis matricial       |
| - Ingeniería de procesos              | Transformada de la Place |
| - Ingeniería de tránsito y transporte | Programación inicial     |
| - Análisis y diseño de estructuras    | Cálculo variacional      |

Como es fácil observar, la tendencia de los postgrados investigados es hacia el manejo práctico de las matemáticas donde aparentemente prima la alta visión conceptual de la matemática aplicada de carácter experimental aunque ocasionalmente hayan aspectos teóricos, como manejo de algunos teoremas o demostraciones que van a ser esenciales en el manejo de conductas previas en el postgrado y permiten completar la capacidad de formalización y deducir algunos conceptos básicos para su subsecuente aplicación.

## ANEXO N° 1

Encuesta : La componente matemática del postgrado en Ingeniería

Institución \_\_\_\_\_ Ciudad : \_\_\_\_\_

I. Evaluar de 1 a 5 el alcance que han de tener los siguientes aspectos de la matemática básica en los postgrados que su institución ofrece.

- Postgrado : \_\_\_\_\_

	FRECUENCIA					PROMEDIO PONDERADO
	1	2	3	4	5	
A. Álgebra	3	4	2	6	16	3.5
B. Trigonometría	3	5	4	6	9	3.6
C. Geometría plana y del espacio	3	4	4	7	13	3.6
D. Lógica matemática	3	4	5	5	14	3.7
E. Cálculo Integral y diferencial						
1. Funciones	2	6	4	5	14	3.7
2. Derivaciones (con aplicaciones físicas)	2	6	3	6	14	3.7
3. Integración (Con aplicaciones física)	2	6	3	6	14	3.7
F. Álgebra Lineal						
1. Sistemas de ecuaciones	2	4	5	6	14	3.9
2. Matrices	2	1	7	6	15	4.0
3. Vectores	2	7	4	5	13	3.6
4. Espacio vectoriales	2	8	7	2	11	3.3
G. Geometría Analítica						
1. Lugares geométricos	4	5	4	5	13	3.5
2. Funciones vectoriales	4	6	3	7	11	3.3
3. Derivadas parciales	4	4	3	8	12	3.5
H. Cálculo Vectorial y Series						
1. Integrales múltiples	5	6	4	5	11	3.3
2. Análisis Vectorial	4	6	3	5	13	3.4
3. Series	4	4	6	5	12	3.5
4. Funciones complejas	12	4	4	5	6	2.9

I. Ecuaciones diferenciales						
1. Ecuaciones lineales	4	4	3	3	17	3.7
2. Ecuaciones no lineales	4	5	3	4	15	3.5
3. Sistemas de ecuaciones	4	4	1	5	17	3.7
J. Probabilidad	2	2	4	13	10	3.9

**Ficha Técnica**

Total Encuestas enviadas = 70

Encuestas respondidas = 31 (49%)

(universidades con postgrado)

Universidades sin postgrado= 7 (10%)

# SISTEMA POSGRADUAL DE INGENIERIA EN COLOMBIA

**Napoleón Ramírez Gutiérrez. Universidad Autónoma de Colombia.**

**Resumen:** El liderazgo en ciencia y tecnología determina un nuevo orden económico mundial. Las competencias industriales en cualquier país del mundo dependen de su desarrollo científico y tecnológico. Dicho orden económico le impone a Colombia la necesidad de ingresar a él, en el menor lapso posible. La riqueza y bienestar del país están íntimamente ligadas al desarrollo de la tecnología, y es aquí, donde la Ingeniería asume un papel protagónico y trascendental en el desarrollo de la Nación.

En el sistema posgradual de ingeniería colombiano se evidencian vacíos en el conocimiento, por tal razón este trabajo busca establecer las características esenciales, elementos y estructura de este sistema; estudiar las relaciones existentes entre los programas de pregrado y posgrado; analizar la contribución de los posgrados en el desarrollo de la infraestructura científico – tecnológica del país y de la formación de la comunidad científica colombiana y revisar el estado de desarrollo de las investigaciones y los convenios institucionales.

El sistema posgradual en ingeniería es débil y no ha alcanzado la suficiente madurez y desarrollo. Estas características se desprenden del análisis del volumen y distribución por niveles verticales de los programas y áreas de ingeniería, además, los indicadores del desarrollo de ciencia y tecnología del país, aparte de corroborar lo expresado, evidencian la situación de rezago comparativa con los otros países de la región. Se destaca la preminencia del componente privado del sistema posgradual en ingeniería.

## **1. LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA DEL PAIS EN EL ENTORNO LATINOAMERICANO.**

Nos encontramos en el umbral del siglo XXI, los cambios en la sociedad ocurren aceleradamente, las transformaciones afectan todos los ámbitos sociales, las esferas de la ciencia y la tecnología con sus vertiginosos cambios se han convertido en los demiurgos del desarrollo social, la información, la comunicación y el conocimiento le imprimen su impronta a la sociedad.

El liderazgo en ciencia y tecnología determina el nuevo orden económico mundial. Las competencias industriales en cualquier país del mundo dependen de su desarrollo científico tecnológico, es decir, la capacidad que posean para adquirir, asimilar, adecuar e innovar en ciencia y tecnología, aplicables a sus propios procesos de producción y servicios. Esta capacidad se convertirá en el principal recurso con que cuenten los países en el siglo XXI.

Colombia es un país de bajo, pequeño y débil desarrollo científico – tecnológico. Colombia posee en la actualidad 5000 científicos, que representan el 0.01 % del número total de científicos del mundo, de los cuales la mitad no ha realizado estudios de maestría y doctorado. Los científicos colombianos publican el 0.01 % de los artículos producidos en el orbe. En el país se invierte menos del 0.4 % del producto interno bruto en investigación y desarrollo.

Colombia cuenta con 180 científicos e ingenieros por millón de habitantes, dedicados a la investigación científica y desarrollo tecnológico, mientras que en Brasil, el Cono Sur y México es de 400 y el promedio en América Latina es 209. Para un nivel adecuado de competencia el país debe tener al menos 36000 científicos e ingenieros investigadores, para poseer una masa crítica que impulse el desarrollo científico, tecnológico, académico, económico y social del país. [1]

*“Los Países de América Latina, de acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo, ejecutan entre un 0.3 – 0.7 % del producto interno bruto en el mantenimiento de la operación en I + D (Investigación más Desarrollo). En Colombia para el último año se cuenta, en teoría, con un 0.5 %. Este porcentaje indica el interés y el esfuerzo que se dedica al desarrollo de la ciencia. Los gastos totales en ciencia en este país para los últimos 5 años, sobrepasan las cifras de US\$40 millones, por lo que los gastos estimados por millón de habitantes estuvieron alrededor de \$800.000, cifra que representa menos de la décima parte invertida por países como Brasil, Argentina, Chile, México”.* [2]

La cooperación científica entre los investigadores de América Latina es escasa debido al aislamiento entre ellos, a las dificultades de comunicación y al pequeño número de investigadores que trabajan en los mismos campos de frontera de la ciencia o en temas relacionados; además, los programas de posgrados son relativamente recientes en los países de la región. Utilizando como indicador de cooperación el número de publicaciones científicas producidas conjuntamente por investigadores de dos o más países de América Latina y tomando como muestra la cooperación para el año de 1990, entre los investigadores de Brasil, Argentina, México, Chile, Venezuela y Colombia, notamos que Brasil y Argentina concentran el 45.0 % y el 42.5 % respectivamente de la cooperación científica, mientras que Chile alcanza el 5.5 %, Colombia el 4.0 %, México y Venezuela el 3.0 % restante. [3]

Los convenios entre las universidades nacionales, y de ellas, con las extranjeras, se han intensificado en los últimos años. El crecido número de convenios nacionales e internacionales, autónomamente suscritos, gestionados y financiados por las universidades, refleja la importancia creciente de este tipo de vínculos. La Misión para la Modernización de la Universidad Pública, informa sobre 411 convenios de cooperación interinstitucional, firmados por siete universidades estatales colombianas: 226 con universidades nacionales (174 estatales y 52 privadas) y 185 con universidades del exterior, de ellas 120 con universidades de América Latina y del Caribe y 65 con universidades de Europa y Asia. Los países cuyas universidades tienen mayor número de convenios con universidades estatales colombianas en su orden son: España (27), Estados Unidos (26), Brasil (20), México (14), Cuba (12) y Francia (12). [4]

El sistema de educación superior para el año de 1996 contaba con 75568 docentes universitarios, de los cuales 27682 poseían formación posgradual, lo que representaba el 36.6 % del profesorado, de ellos eran especialistas 15960 (21.1 %), magisteres 9995 (13.2 %) y doctores 1727 (2.3 %). De los 11712 magisteres y doctores solo se dedicaban a las actividades de investigación y desarrollo científico tecnológico cerca de 2500 o sea el 21.3 %, esa dedicación nos indica que la

mayoría de ellos se encontraban laborando en actividades eminentemente docentes y administrativas académicas.

El desarrollo del sistema posgradual colombiano tiene como eje a las áreas blandas, las áreas de Ciencias Sociales, Derecho, Humanidades y Ciencias Religiosas, Economía, Administración y Educación, que agrupan el 54 % de los programas académicos, el 78.8 % de la matriculación, el 83 % de los egresados y el 84.8 % de los graduados; mientras que las áreas que favorecen el cambio científico - tecnológico, las áreas de Matemáticas y Ciencias Naturales, Agronomía y Veterinaria e Ingeniería, apenas alcanzan el 15.5% del total de los programas, el 12.9 % de la matriculación, el 11.1 % de los egresados y el 9.9 % de los graduados.

## 2. ESTRUCTURA DE LOS POSGRADOS

Los posgrados en ingeniería en Colombia son de reciente formación, los primeros programas académicos de especialización aparecieron en la década del cincuenta. Para el año de 1989 se contaba con 71 programas en el área de Ingeniería, Arquitectura y afines, y durante la década del noventa el sistema posgradual de ingeniería se expande aceleradamente, triplicándose el número de programas y diversificándose en gran variedad de ramas de la ingeniería.

En la actualidad el sistema de posgrado en ingeniería cuenta con 211 programas académicos repartidos en 56 instituciones universitarias, con cobertura en 16 departamentos y 17 ciudades (ver Apéndice A). Estos programas representan el 10.7% del total de los programas del sistema posgradual colombiano. Los programas pertenecen a 130 ramas de posgrados y se agrupan en 10 campos de desarrollo de ingeniería: el ambiental con 24 programas, el de química - alimentos con 17, el civil con 29, el de industrial con 28, el de eléctrica con 15, el de mecánica - minas y metalurgia con 11, el de sistemas - computación e informática con 54, el de electrónica - telemática y automática con 23, y el de vías - tránsito y transporte con 8 programas (ver Figura 1)

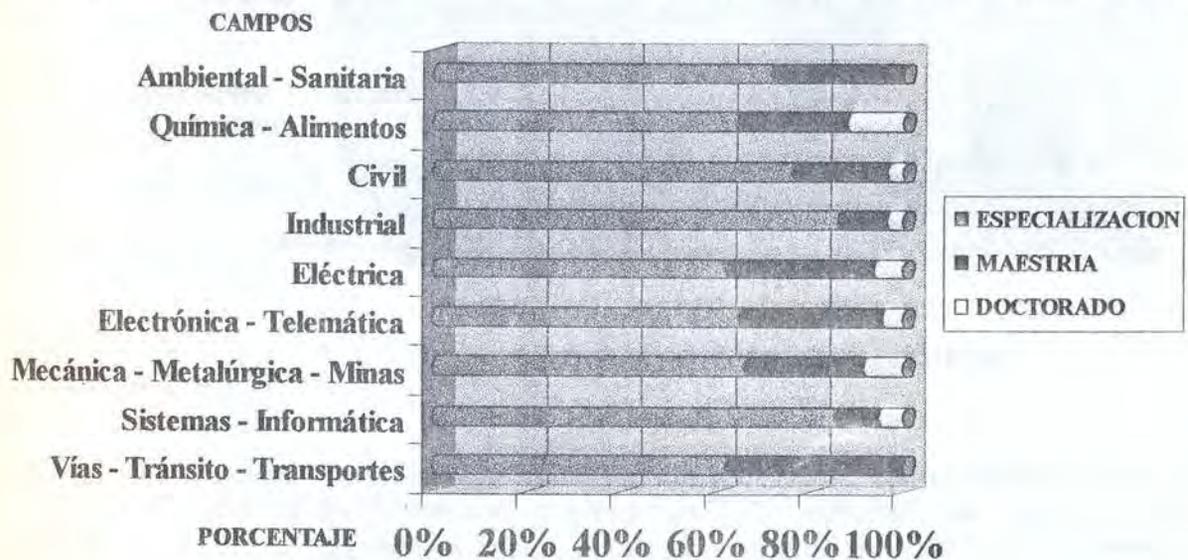


Figura 1

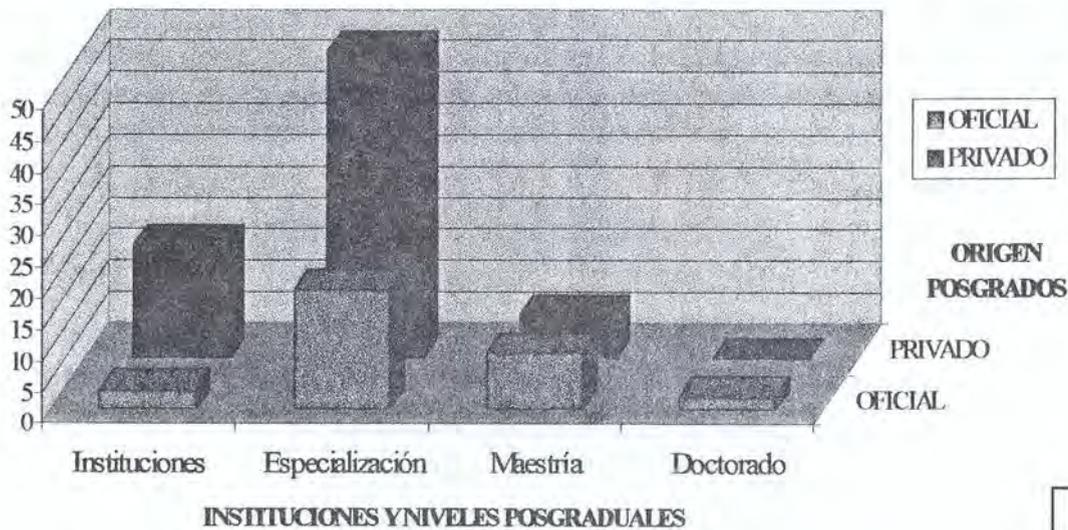
*“Una Rama de la Ingeniería se entiende como la especialidad que caracteriza la profesión. Existen tantas “ramas” como ingenierías, sobre cuya especialidad se otorga un título académico por una entidad de educación acreditada” . [5]*

Un Campo de Desarrollo de Ingeniería es el espacio académico integrado por ramas afines.

Para el año de 1996 los posgrados en ingeniería contaban con una población matriculada de 4435 estudiantes, 2778 egresados y 1712 graduados que representaban el 10.3 %, 8.8 % y el 8.2 % de las respectivas poblaciones del total del Sistema Posgradual Colombiano.

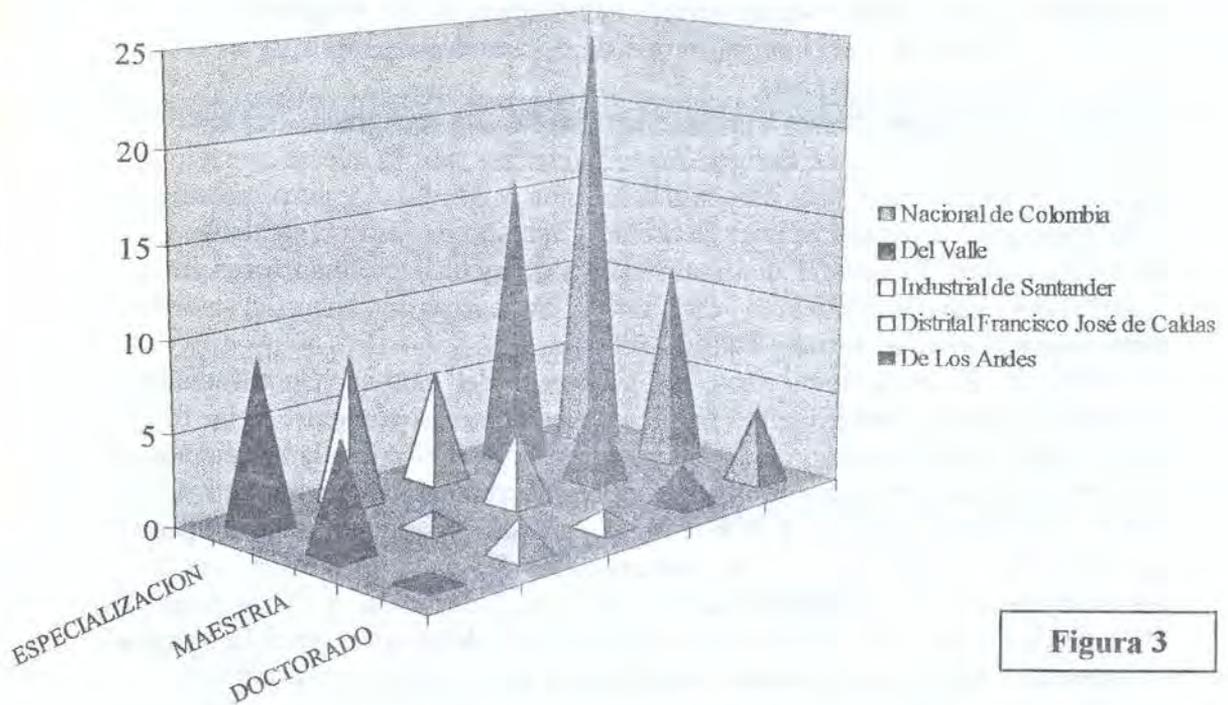
La distribución por niveles de los programas de posgrados en Ingeniería, muestra la existencia de 159 especializaciones (75%), 43 maestrías (20.5 %) y 10 doctorados (4.5 %). El 80 % de los doctorados están bajo la responsabilidad académica de las universidades Politécnica de Valencia de España y las Villas de Cuba. Por su origen, los programas de posgrados en ingeniería se localizan en dos subsistemas: el subsistema oficial, con el 37.5 % de las instituciones universitarias y el 39.5 % de los programas académicos; el subsistema privado, con el 62.5 % de las instituciones y 60.5 % de los programas (ver Figura 2).

La ciudad capital, Santafé de Bogotá, concentra el 39.3 % de las instituciones de educación superior, el 41.4 % de los programas, el 42.7 % de los proyectos de investigación financiados por Colciencias y el 45.2 % del número de becas otorgadas por Colciencias para la formación de magisteres y doctores, entre 1995 y 1996.



**Figura 2**

El sistema cuenta con una cúpula formada por cinco universidades: Nacional de Colombia, Del Valle, Industrial de Santander, De Los Andes y Distrital Francisco José de Caldas, que concentran el 47.1 % de los programas académicos, distribuidos así: 40.1 % de especialización, 68.2 % de maestría y 90 % de doctorado (ver Figura 3).



**Figura 3**

El pregrado en ingeniería cuenta en la actualidad con 429 programas académicos repartidos en 85 ramas y 10 campos de la ingeniería, con cobertura geográfica en 22 departamentos y 32 ciudades, estos programas se distribuyen en 57 instituciones universitarias. (ver **Apéndice B**)

El Sistema Posgradual de Ingeniería se corresponde en sus componentes y características principales al Sistema de Pregrado en Ingeniería. Podemos confirmar esta correspondencia o carácter recursivo de estos sistemas, al examinar y establecer sus relaciones, así:

- Las ramas y los campos de la Ingeniería de pregrado y posgrado están correlacionados.
- La cobertura geográfica de las instituciones y la naturaleza de los programas académicos se corresponden.
- Por su origen predomina en ambos sistemas el carácter privado de la educación superior en Ingeniería.
- Las cúpulas universitarias de pregrado y posgrado son similares.
- La región de Santafé de Bogotá concentra en un gran porcentaje los principales componentes de los sistemas de pregrado y posgrado en ingeniería.

### 3. CONCLUSIONES

1. El Sistema de Posgrado en Ingeniería en Colombia es de reciente formación, sistema que en la última década del presente siglo ha sufrido una considerable expansión, triplicando su crecimiento con respecto a los años anteriores. Los posgrados se han diversificado en numerosas ramas dando origen a la formación de campos de desarrollo de la Ingeniería.
2. En el sistema prima la formación profesionalizante, ya que el 75 % del total de los programas académicos son de especialización. Esta tendencia se ve reforzada por la escasa

investigación en ciencia y en desarrollo tecnológico de los programas de maestría y por la casi nula investigación en los programas de doctorado, debido a su novísima creación y el reducido número de programas.

3. Como consecuencia de lo anterior el sistema de posgrado en ingeniería carece de acumulación de tradiciones, competencias y recursos, por lo que su impacto en la innovación tecnológica es reducido, esta situación determina la debilidad y poca madurez del sistema.
4. A lo anterior se le agrega la poca densidad y tamaño de las universidades colombianas, que no les ha permitido generar una masa crítica de científicos, ingenieros investigadores, que contribuyan significativamente con un valor agregado científico-tecnológico para el desarrollo económico, social y cultural del país.
5. No obstante, en los últimos años, los gobiernos del país se han esforzado en mejorar el panorama descrito, desarrollando políticas tales como: el aumento de la financiación de los programas de investigación científica y desarrollo tecnológico, la ampliación de las partidas para financiar la formación de investigadores, incrementando el número de becas otorgadas por Colciencias, Colfuturo e ICETEX, el estímulo e impulso a la cooperación científica, tecnológica y académica entre las universidades del país, y de éstas, con las extranjeras, la creación de la Red Colombiana de Ciencia, Educación y Tecnología, CETCOL, la organización de la Red Caldas de Investigadores Colombianos en el Exterior, con miras a la recuperación de las competencias científicas y tecnológicas emigradas, la ejecución de los proyectos de Eratóstenes, el Sistema Nacional de Información y Red Colombiana de Cooperación Interinstitucional, RCI, y el fomento al montaje de maestrías y doctorados.
6. Es importante resaltar el carácter recursivo de los sistemas colombianos, de pregrado y de posgrado en ingeniería, que se pone en evidencia cuando se examinan los componentes y las características de estos sistemas.

#### 4. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA.

- [1] RAMIREZ GUTIERREZ NAPOLEON. Sistema Posgradual Colombiano y Sistema Posgradual de la FUAC, 1997, Santafé de Bogotá, pág. 55 y 56.
- [2] ABELLO LLANOS RAIMUNDO, RAMOS RUIZ JOSE LUIS, CORREA REYES JUAN y otros. Ciencia y Tecnología para el Caribe Colombiano. Plan de Desarrollo Regional 1996 – 2001, 1997, Santafé de Bogotá, pág. 117.
- [3] CARDOZO GUILLERMO y VILLEGAS RAIMUNDO, UNESCO. Informe mundial sobre la ciencia. América Latina, 1996, Madrid, pág. 53.
- [4] RAMIREZ GUTIERREZ NAPOLEON. Op. Cit. pág. 46.
- [5] SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS. II Censo Nacional de Ingenieros, 1988, Bogotá, pág. 11.
- [6] ICFES, SUBDIRECCION GENERAL DE PLANEACION. Estadísticas de la Educación Superior – Resumen Anual, 1997, Bogotá, pág. 85 y 90.
- [7] ACOFI. I Encuentro Iberoamericano de Directivos en las Enseñanzas de Ingeniería, 1988, Santafé de Bogotá.
- [8] ASCUN. Simposio Iberoamericano sobre los Posgrados y su Investigación (Memorias), 1995, Santafé de Bogotá.
- [9] COLCIENCIAS. Ciencias y Regiones, 1994, Santafé de Bogotá.
- [10] ICFES. Informe de actividades 1997 - Febrero 1998, 1998, Santafé de Bogotá.

**APENDICE A**  
**Programas de Posgrados en Ingeniería**

No	PROGRAMAS	NIVEL	UNIVERSIDAD	LOCALIDAD
1	Ambiental	E	Nacional de Colombia	Bogotá
2	Ambiental	M	Nacional de Colombia	Bogotá
3	Ambiental	E	Nacional de Colombia	Manizales
4	Ambiental	M	Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Tunja
5	Ambiental	E	Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Tunja
6	Ambiental	E	Surcolombiana	Neiva
7	Ambiental	M	Antioquía	Medellín
8	Ambiental	E	Pontificia Bolivariana	Medellín
9	Ambiental	E	Pontificia Bolivariana	Montería
10	Ambiental	E	Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
11	Ambiental	E	Corp.Universit. Tecnológica de Bolívar	Cartagena
12	Evaluación de Riesgos y Prevención de Desastres	E	Andes	Bogotá
13	Ciencias Ambientales	E	Magdalena	Santa Marta
14	Manejo Integrado del Medio Ambiente	E	Andes	Bogotá
15	Gerencia del Ambiente	E	Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
16	Gerencia Ambiental	E	Libre	Bogotá
17	Gerencia Ambiental y Desarrollo Sostenible Empresarial	E	Santiago de Cali	Cali
18	Planific. y Manejo Ambiental de Cuencas Hidrográficas	M	Cartagena	Cartagena
19	Planific. y Manejo Ambiental de Cuencas Hidrográficas	M	Tolima	Ibagué
20	Preservación de recursos Hídricos y Suelos	E	Industrial de Santander	Bucaramanga
21	Saneamiento Ambiental	E	Esc.Colombiana de Ing.Julio Garavito	Bogotá
22	Recursos hidráulicos y medio ambiente	E	Esc.Colombiana de Ing.Julio Garavito	Bogotá
23	Sanitaria y Ambiental	E	Valle	Cali
24	Sanitaria y Ambiental	M	Valle	Cali
25	Sanitaria	E	Cartagena	Cartagena
26	Sanitaria	E	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
27	Alimentos	E	Valle	Cali
28	Alimentos	D	Valle	Cali
29	Ciencia y Tecnología de Alimentos	E	Nacional de Colombia	Bogotá
30	Ciencia y Tecnología de Alimentos	E	Nacional de Colombia	Manizales
31	Ciencia y Tecnología de Alimentos	E	Antioquia	Medellín
32	Ciencia y Tecnología de Alimentos	E	Magdalena	Santa Marta
33	Bioingeniería	E	Distrital Francisco Jose de Caldas	Bogotá
34	Biomedica	E	Pontificia Bolivariana	Medellín
35	Calidad y Comportamiento	E	Católica de Colombia	Bogotá
36	Civil	M	Andes	Bogotá
37	Civil	M	Valle	Cali
38	Recursos Hidráulicos	E	Nacional de Colombia	Bogotá
39	Recursos Hidráulicos	M	Nacional de Colombia	Bogotá
40	Aprovecham. de Recursos Hidráulicos	E	Nacional de Colombia	Medellín
41	Aprovecham. de Recursos Hidráulicos	M	Nacional de Colombia	Medellín

42	Aprovecham. de Recursos Hidráulicos	D	Nacional de Colombia	Medellín
43	Regadíos	E	Cauca	Popayán
44	Admon y Control de la Construcción	E	Norte	Barranquilla
45	Administración de la Construcción	E	Francisco de Paula Santander	Cucuta
46	Fundaciones	E	Nacional de Colombia	Bogotá
47	Análisis Estructural y Diseño de Estructuras de Hormigón	E	Norte	Barranquilla
48	Estructuras	E	Nacional de Colombia	Medellín
49	Estructuras	M	Nacional de Colombia	Bogotá
50	Estructuras	E	Nacional de Colombia	Bogotá
51	Estructuras	E	Valle	Cali
52	Estructuras	E	Escuela Col. de Ingen. Julio Garavito	Bogotá
53	Obras Hidráulicas	E	Valle	Cali
54	Manejo de Suelos y Aguas	E	Córdoba	Montería
55	Sismo Resistente	E	EAFIT	Medellín
56	Interventoría de la Construcción	E	Santo Tomas	Bucaramanga
57	Interventoría de la Construcción	E	Santo Tomas	Bogotá
58	Gerencia de Obras	E	Cauca	Popayán
59	Hidráulica de Ríos y Costas	E	Norte	Barranquilla
60	Hospitalaria	E	El Bosque	Bogotá
61	Hospitalaria	E	Andes	Bogotá
62	Geotécnica	E	Nacional de Colombia	Bogotá
63	Geotécnica	M	Nacional de Colombia	Bogotá
64	Geotécnica	E	Nacional de Colombia	Manizales
65	Industrial	M	Andes	Bogotá
66	Gerencia de Proy. de la Construcción	E	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
67	Gerencia de la calidad	E	EAFITT	Medellín
68	Gerencia de la Calidad	E	Libre	Bogotá
69	Gerencia de Proyectos	E	Sucre	Sincelejo
70	Gerencia de Proyectos	E	Simón Bolívar	Barranquilla
71	Gestión de Proyectos	E	Nariño	Pasto
72	Gestión y Gerencia de Proyectos	E	Cauca	Popayán
73	Gerencia de Producción Gráfica	E	Andes	Bogotá
74	Gestión Industrial	E	Norte	Barranquilla
75	Ger. de Proy. de Telecomunicaciones	E	Politécnico Gran Colombiano	Bogotá
76	Gerencia de proyectos de Ingeniería	E	La Salle	Bogotá
77	Gerencia Integral de Proyectos	E	Militar Nueva Granada	Bogotá
78	Gestión de la Producción	E	La Sabana	Bogotá
79	Gerencia de Calidad de Productos y Servicios	E	Libre	Bogotá
80	Gerencia de Empresas Agropecuarias	E	Autónoma del Caribe	Barranquilla
81	Gerencia de Empresas Agropecuarias	E	La Salle	Bogotá
82	Gestión Industrial	D	Norte	Barranquilla
83	Gestión Tecnológica	M	Pontificia Bolivariana	Medellín
84	Control Organizacional	E	EAFIT	Medellín
85	Investigación Operativa y Estadística	M	Tecnológica de Pereira	Pereira
86	Logística de Producción y Distribución	E	Manuela Beltrán	Bogotá
87	Logística de Producción y Distribución	E	Fund. Universitaria del área Andina	Bogotá

88	Relaciones Industriales	E	EAFIT	Medellín
89	Evaluación y Gerencia de Proyectos	E	Industrial de Santander	Bucaramanga
90	Producción	E	Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá
91	Métodos Administrat. y de Producción	E	Medellín	Medellín
92	Métodos Administrat. y de Producción	E	Autónoma Latinoamericana	Medellín
93	Eléctrica	E	Nacional de Colombia	Bogotá
94	Eléctrica	M	Nacional de Colombia	Bogotá
95	Eléctrica	E	Nacional e Colombia	Manizales
96	Eléctrica	M	Andes	Bogotá
97	Gestión de Sistemas Energéticos	E	Andes	Bogotá
98	Potencia Eléctrica	M	Industrial de Santander	Bucaramanga
99	Centrales Hidroeléctricas	M	Pontificia Javeriana	Bogotá
100	Ciencias Térmicas	E	Valle	Cali
101	Redes Eléctricas	E	Valle	Cali
102	Sist. de transmisión y distribución de redes eléctricas	E	Valle	Cali
103	Sistemas de generación de Energía Eléctrica	E	Valle	Cali
104	Sist. de transmisión y distribución de energía Eléctrica	E	Andes	Bogotá
105	Sist. de transmisión y distribución de energía Eléctrica	E	Pontificia Bolivariana	Medellín
106	Sistemas Energéticos	M	Pontificia Bolivariana	Medellín
107	Planeamiento Energético	E	Autónoma de Colombia	Bogotá
108	Ciencia Electrónica e Informática	E	Antioquía	Medellín
109	Electrónica y Computadores	M	Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga
110	Electrónica y Computadores	M	Andes	Bogotá
111	Electrónica y Telecomunicaciones	M	Cauca	Popayán
112	Instrumentación Electrónica	E	Antonio Nariño	Bogotá
113	Instrumentación Electrónica	E	Antonio Nariño (Noc)	Bogotá
114	Redes de Comunicaciones	E	Valle	Cali
115	Telemática	M	Cauca	Popayán
116	Telemática	E	Andes	Bogotá
117	Telemática	E	Fundación Universitaria de Boyacá	Tunja
118	Teleinformática	E	Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá
119	Teleinformática	M	Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá
120	Telecomunicaciones móviles	E	Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá
121	Telecomunicaciones	E	Pontificia Bolivariana	Medellín
122	Telefonía Móvil Celular	E	Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá
123	Automática	M	Valle	Cali
124	Automatización Industrial	E	Valle	Cali
125	Automatización Industrial	E	Corporación Universitaria de Ibagué	Ibagué
126	Automatización de Procesos Industrial.	E	Andes	Bogotá
127	Automática e Informática Industrial	E	Autónoma de Colombia	Bogotá
128	Control Electrónico de Procesos Industriales	E	Autónoma Universitaria de Manizales	Manizales
129	Diseño y construcción de Soluciones Telemáticas	E	Autónoma de Colombia	Bogotá
130	Sistemas Automáticos de Producción	M	Tecnológica de Pereira	Pereira
131	Mecánica	M	Andes	Bogotá

132	Maquinaria y equipo agrícola Indust.	E	Valle	Cali
133	Mecanización Agrícola	E	Industrial de Santander	Bucaramanga
134	Metalurgia	M	Industrial de Santander	Bucaramanga
135	Metalurgia y Ciencia de los Materiales	M	Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Tunja
136	Metalurgia énfasis en Cuchara	E	Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Tunja
137	Metalurgia Enfasis en Radiografía Ind.	E	Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Tunja
138	Materiales de Ingeniería	E	Valle	Cali
139	Materiales y procesos de manufactura	E	Nacional de Colombia	Bogotá
140	Soldadura	E	Libre	Bogotá
141	Tratamientos térmicos	E	Nacional de Colombia	Medellín
142	Química	M	Nacional de Colombia	Bogotá
143	Química	M	Valle	Cali
144	Química	M	Industrial de Santander	Bucaramanga
145	Química	D	Industrial de Santander	Bucaramanga
146	De la Corrosión	E	Industrial de Santander	Bogotá
147	Ciencia y técnica del carbón	M	Nacional de Colombia	Medellín
148	Producción y transformación de la madera	E	Tolima	Ibagué
149	Procesos de Transformación del plástico y del caucho	E	EAFIT	Medellín
150	Gases combustibles	E	Pontificia Bolivariana	Medellín
151	Sistemas	E	Nacional de Colombia	Bogotá
152	Sistemas	M	Nacional de Colombia	Bogotá
153	Sistemas	M	Nacional de Colombia	Medellín
154	Sistemas	E	Valle	Cali
155	Sistemas	M	Valle	Cali
156	Sistemas de Programación y Bases de Datos	E	Nacional de Colombia	Medellín
157	Sistemas de Información	E	Valle	Cali
158	Sistemas Operacionales y Lenguajes Formales	E	Valle	Cali
159	Sistemas de Información y Gerencia de Documentos	E	La Salle	Bogotá
160	Sistemas de Computación	M	Andes	Bogotá
161	Sistemas de Información en la Organización	E	Andes	Bogotá
162	Sistemas de Control Organizacional y de Gestión	E	Andes	Bogotá
163	Sistemas de Información Gerencial	E	Cooperativa de Colombia	Bogotá
164	Sistemas Gerenciales de Ingeniería	E	Pontificia Javeriana	Bogotá
165	Sistemas de Información Geográfica	E	Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá
166	Sistemas de Información	E	EAFIT	Medellín
167	Software	E	Industrial de Santander	Bucaramanga
168	Software	E	Antonio Nariño	Bogotá
169	Software	E	Autónoma de Manizales	Manizales
170	Software	E	Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá
171	Software para redes de computadores	E	Andes	Bogotá
172	Admon de Sistemas de Información	E	Nacional de Colombia	Medellín
173	Diseño de Sistemas de Auditoria	E	Nacional de Colombia	Manizales
174	Diseño Mecánico por Computador	E	Antonio Nariño	Bogotá

175	Diseño mecánico por Computador	E	Antonio Nariño	Bogotá
176	Auditoria de Sistemas	E	Antioquia	Medellín
177	Auditoria de Sistemas	E	EAFIT	Medellín
178	Auditoria de Sistemas	E	Antonio Nariño	Bogotá
179	Auditoria de Sistemas de Información	E	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
180	Auditoria de Sistemas	E	Fundación Universitaria de Manizales	Manizales
181	Auditoria de Sistemas de Información	E	San Buenaventura	Cali
182	Auditoria de Sistemas de Información	E	Católica de Colombia	Bogotá
183	Técnicas computarizadas de Producción	E	ICESI	Cali
184	Informática y Ciencias de la Computación	E	Konrad Lorenz	Bogotá
185	Informática Industrial	E	Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá
186	Informática y Automática Industrial	D	Valle	Cali
187	Informática	M	Industrial de Santander	Bucaramanga
188	Informática Educativa	E	Fundación Universitaria de Boyacá	Tunja
189	Informática Educativa	E	Fundación Universitaria de Boyacá	Tunja
190	Informática Educativa	E	Francisco de Paula Santander	Cúcuta
191	Informática Educativa	E	Fundación Universitaria de Manizales	Manizales
192	Edumática	E	Autónoma de Colombia	Bogotá
193	Informática Educativa	E	Libre	Bogotá
194	Informática Educativa-Edumática	E	Central	Bogotá
195	Informática para Gestión Educativa	E	Autónoma de Colombia	Bogotá
196	Informát. para Gerencia de Proyectos	E	Autónoma de Colombia	Bogotá
197	Ciencias Computacionales	M	Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga
198	Computadores y Sistemas Digitales	E	Valle	Cali
199	Computación para la docencia	E	Antonio Nariño	Bogotá
200	Administración de Sistemas Informáticos	E	Nacional de Colombia	Manizales
201	Administración de Sistemas Informáticos	E	Nacional de Colombia	Medellín
202	Análisis de Datos	E	La Salle	Bogotá
203	Auditoria de Sistemas de Computación	E	Santo Tomas	Bogotá
204	Auditoria de Sistemas de Computación	E	Santo Tomas	Bucaramanga
205	Transportes	E	Nacional de Colombia	Bogotá
206	Transportes	M	Nacional de Colombia	Bogotá
207	Tránsito y Transporte	M	Cauca	Popayán
208	Transporte Urbano	E	Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Tunja
209	Vías Terrestres	E	Cauca	Popayán
210	Vías Terrestres	M	Cauca	Popayán
211	Vías y Transportes	E	Nacional de Colombia	Medellín
212	Informática	D*	Nacional de Colombia	Medellín
213	Bioingeniería y Bioelectrónica	D*	Caldas	Manizales
214	Gestión Eficiente de la Energía	D*	Caldas	Manizales
215	Producción	D*	Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá
216	Telemática y comunicaciones	D*	Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá

FUENTE: Subdirección General de Planeación, ICFES-1996.  
Avisos clasificados de EL TIEMPO - 1998.

D\* : en trámite

**APENDICE B**

**Programas Académicos en Ingeniería - Pregrado**

<b>No.</b>	<b>PROGRAMA</b>	<b>UNIVERSIDAD</b>	<b>LOCALIDAD</b>
1	Administrativa	Nacional de Colombia	Medellín
2	Administrativa	Escuela de Ingeniería de Antioquia	Medellín
3	Administrativa	Católica de Manizales	Manizales
4	Administrativa	Católica de Manizales	Manizales
5	Administración de obras civiles	Fundación Universitaria del Area Andina	Bogotá
6	Aeronáutica	San Buenaventura	Bogotá
7	Aeronáutica	San Buenaventura (Noc)	Bogotá
8	Agrícola	Nacional de Colombia	Bogotá
9	Agrícola	Nacional de Colombia	Medellín
10	Agrícola	Del Valle	Cali
11	Agrícola	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
12	Agrícola	Nacional de Colombia	Palmira
13	Agrícola	De Sucre	Sincelejo
14	Agrícola	Sur Colombiana	Neiva
15	Agroindustrial	Del Cauca	Popayán
16	Agroindustrial	La Gran Colombia	Bogotá
17	Agroindustrial	Pontificia Bolivariana	Medellín
18	Agroindustrial	Tolima	Ibagué
19	Agroindustrial	Popular del Cesar	Valledupar
20	Agroindustrial	Corporación Universitaria del Meta	Villavicencio
21	Agroindustrial	Instituto Universitario de la Paz	Bucaramanga
22	Agroindustrial	San Buenaventura	Cali
23	Agroindustrial	Gran Colombia	Armenia
24	Agronómica	Corp. Univ. de Ciencias Aplicadas y Ambientales	Bogotá
25	Agronómica	De Córdoba	Montería
26	Agronómica	De Nariño	Pasto
27	Agronómica	Del Magdalena	Santa Marta
28	Agronómica	Nacional de Colombia	Bogotá
29	Agronómica	Nacional de Colombia	Medellín
30	Agronómica	Nacional de Colombia	Palmira
31	Agronómica	De Cundinamarca	Fusagasugá
32	Agronómica	Del Tolima	Ibagué
33	Agronómica	Del Meta	Villavicencio
34	Agronómica	Instituto Universitario de la Paz	Bucaramanga
35	Agropecuaria	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	Medellín
36	Agroforestal	Tecnológica del Chocó	Quibdó
37	Agroecológica	Del Amazonía	Florencia
38	Agrozootecnia	Del Cauca	Popayán
39	Alimentos	Corp. Universitaria Lasallista de Medellín	Medellín
40	Alimentos	Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano	Bogotá
41	Alimentos	INCCA	Bogotá
42	Alimentos	INCCA (Noc)	Bogotá
43	Alimentos	Fundación Universitaria Agraria de Colombia	Bogotá
44	Alimentos	Caldas	Manizales

45	Alimentos	De Córdoba	Montería
46	Alimentos	La Salle	Bogotá
47	Alimentos	San Buenaventura	Cartagena
48	Alimentos	Unidad Universitaria del Sur de Bogotá	Bogotá
49	Ambiental	De Medellín	Medellín
50	Ambiental	Fundación Universitaria de Boyacá	Tunja
51	Ambiental	Escuela de Ingeniería de Antioquia	Medellín
52	Ambiental	Libre	Bogotá
53	Ambiental	De la Guajira	Riohacha
54	Ambiental	Francisco de Paula Santander	Ocaña
55	Ambiental y Sanitaria	De la Salle	Bogotá
56	Ambiental y Sanitaria	Autónoma de Colombia	Bogotá
57	Análisis y Programación de Computad.	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
58	Automatización Industrial	Antonio Nariño	Bogotá
59	Automatización Industrial	Antonio Nariño (Noc)	Bogotá
60	Biomédica	Corp. Universitaria de Ciencia y Desarrollo	Bogotá
61	Biomédica	Corp. Universitaria de Ciencia y Desarrollo (Noc)	Bogotá
62	Biomédica	Antonio Nariño	Bogotá
63	Biomédica	Antonio Nariño (Noc)	Bogotá
64	Biomédica	Fundación Universitaria Manuela Beltrán	Bogotá
65	Bioingeniería	Santiago de Cali	Cali
66	Bioingeniería	Manuela Beltrán	Bogotá
67	Catastral y Geodesia	Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá
68	Civil	Corporación Universidad Piloto de Colombia	Bogotá
69	Civil	Corporación Universitaria Minuto de Dios	Bogotá
70	Civil	Corporación Universitaria Minuto de Dios	Bogotá
71	Civil	Esc. Militar de Cadetes José María Córdoba	Bogotá
72	Civil	Fundación Universitaria Agraria de Colombia	Bogotá
73	Civil	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	Medellín
74	Civil	Javeriana	Bogotá
75	Civil	Del Magdalena	Santa Marta
76	Civil	Antonio Nariño	Bogotá
77	Civil	Antonio Nariño	Bogotá
78	Civil	Católica de Colombia	Bogotá
79	Civil	Católica de Colombia	Bogotá
80	Civil	Cooperativa de Colombia	Bogotá
81	Civil	Cooperativa de Colombia	Medellín
82	Civil	De la Salle	Bogotá
83	Civil	De los Andes	Bogotá
84	Civil	De Medellín	Medellín
85	Civil	De Nariño	Pasto
86	Civil	Del Cauca	Popayán
87	Civil	del Quindío	Armenia
88	Civil	Del Valle	Cali
89	Civil	EAFIT	Medellín
90	Civil	Industrial de Santander	Bucaramanga
91	Civil	La Gran Colombia	Bogotá
92	Civil	La Gran Colombia	Bogotá
93	Civil	Militar Nueva Granada	Bogotá

94	Civil	Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
95	Civil	Nacional de Colombia	Bogotá
96	Civil	Nacional de Colombia	Manizales
97	Civil	Pontificia Bolivariana	Medellín
98	Civil	Santo Tomás	Bogotá
99	Civil	Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito	Bogotá
100	Civil	Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Tunja
101	Civil	Javeriana	Cali
102	Civil	Nacional de Colombia	Medellín
103	Civil	Escuela de Ingeniería de Antioquia	Medellín
104	Civil	Del Norte	Barranquilla
105	Civil	De Cartagena	Cartagena
106	Civil	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
107	Civil	UPTC.	Tunja
108	Cine y Televisión	Corporación Universitaria Nueva Colombia	Bogotá
109	Comercial	Santiago de Cali	Cali
110	Comercial	Inst. Univ. de Ciencias Aplicadas y Ambientales	Bogotá
111	Comercial	Politécnico Santafé de Bogotá	Bogotá
112	Computación	Autónoma de Manizales	Bogotá
113	De Desarrollo Ambiental	Antonio Nariño	Bogotá
114	De Desarrollo Ambiental	Antonio Nariño (Noc)	Bogotá
115	Diseño Industrial	UPTC	Duitama
116	Diseño Industrial	Autónoma de Colombia	Bogotá
117	Diseño Industrial	Industrial de Santander	Bucaramanga
118	Diseño y Automatización Electrónica	De la Salle	Bogotá
119	Diseño y Automatización Electrónica	Autónoma de Manizales	Manizales
120	Energética	Escuela de Ingeniería de Antioquia	Medellín
121	Eléctrica	Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito	Bogotá
122	Eléctrica	Corp. Universitaria Autónoma de Occidente	Cali
123	Eléctrica	Corp. Universitaria Autónoma de Occidente	Cali
124	Eléctrica	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
125	Eléctrica	Antioquia	Medellín
126	Eléctrica	De la Salle	Bogotá
127	Eléctrica	De los Andes	Bogotá
128	Eléctrica	Del Valle	Cali
129	Eléctrica	Industrial de Santander	Bucaramanga
130	Eléctrica	Nacional de Colombia	Bogotá
131	Eléctrica	Nacional de Colombia	Medellín
132	Eléctrica	Nacional de Colombia	Manizales
133	Eléctrica	Del Norte	Barranquilla
134	Eléctrica	Tecnológica de Pereira	Pereira
135	Eléctrica	Corporación Tecnológica de Bolívar	Cartagena
136	Electromecánica	Autónoma de Colombia	Bogotá
137	Electromecánica	Antonio Nariño	Bogotá
138	Electromecánica	Antonio Nariño (Noc)	Bogotá
139	Electromecánica	UPTC	Duitama
140	Electrónica	Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá
141	Electrónica	Antonio Nariño	Bogotá
142	Electrónica	Antonio Nariño	Bogotá

143	Electrónica	Central	Bogotá
144	Electrónica	Central	Bogotá
145	Electrónica	Pontificia Bolivariana	Medellín
146	Electrónica	Fundación Universitaria Manuela Beltrán	Bogotá
147	Electrónica	Norte	Barranquilla
148	Electrónica	Javeriana	Bogotá
149	Electrónica	Corporación Universitaria del Meta	Villavicencio
150	Electrónica	El Bosque	Bogotá
151	Electrónica	Corporación Universitaria del Meta	Villavicencio
152	Electrónica	Pamplona	Pamplona
153	Electrónica	Francisco de Paula Santander	Cúcuta
154	Electrónica	UPTC	Sogamoso
155	Electrónica	De Cundinamarca	Fusagasugá
156	Electrónica	Autónoma de Colombia	Bogotá
157	Electrónica	Corp. Universitaria Tecnológica de Bolívar	Cartagena
158	Electrónica	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
159	Electrónica	San Buenaventura	Cali
160	Electrónica	Sur de Colombia	Neiva
161	Electrónica	Industrial de Santander	Bucaramanga
162	Electrónica y Telecomunicaciones	Católica de Colombia	Bogotá
163	Electrónica y Telecomunicaciones	Católica de Colombia (Noc)	Bogotá
164	Electrónica y Telecomunicaciones	Cooperativa de Colombia	Bogotá
165	Electrónica y Telecomunicaciones	Cooperativa de Colombia (Noc)	Bogotá
166	Electrónica y Telecomunicaciones	Del Cauca	Popayán
167	Electrónica y Telecomunicaciones	Autónoma de Córdoba	Montería
168	Electrónica y Telecomunicaciones	Corporación Politécnica de la Costa Atlántica	Barranquilla
169	Electrónica y Telecomunicaciones	Corporación Politécnica de la Costa Atlántica	Barranquilla
170	Electrónica y Telecomunicaciones	Fundación Universitaria San Martín	Bogotá
171	Electrónica y Automatización	Autónoma de Manizales	Manizales
172	Física	Del Cauca	Popayán
173	Financiera	Piloto de Colombia	Bogotá
174	Financiera	Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga
175	Forestal	Industrial de Santander	Bucaramanga
176	Forestal	Nacional de Colombia	Bogotá
177	Forestal	Nacional de Colombia	Medellín
178	Forestal	Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá
179	Geográfica	Jorge Tadeo Lozano	Bogotá
180	Geográfica	Inst. Univ. de Ciencias Aplicadas y Ambientales	Bogotá
181	Geológica	UPTC	Sogamoso
182	Geológica	Escuela de Ingeniería de Antioquia	Medellín
183	Higiene y Seguridad Ocupacional	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	Medellín
184	Informática Matemática	Javeriana	Bogotá
185	Informática	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	Medellín
186	Informática	Corp. Universitaria de Ciencia y Desarrollo	Bogotá
187	Informática	Corp. Universitaria de Ciencia y Desarrollo	Bogotá
188	Instrumentación y Control	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	Medellín
189	Industrial	Corporación Universitaria de Occidente	Cali
190	Industrial	Corporación Universitaria de Occidente	Cali
191	Industrial	Corp. para la Educación Superior Real de Col.	Bogotá

192	Industrial	Corp. para la Educac. Superior Real de Col. (Noc)	Bogotá
193	Industrial	Escuela Col. de Ingeniería Julio Garavito	Bogotá
194	Industrial	INCCA	Bogotá
195	Industrial	INCCA (Noc)	Bogotá
196	Industrial	Corporación Universitaria de Ibagué	Ibagué
197	Industrial	Corporación Universitaria del Huila	Neiva
198	Industrial	Fundación Universitaria Manuela Beltrán	Bogotá
199	Industrial	Fundación Universitaria de Boyacá	Tunja
200	Industrial	Fundación Universitaria San Martín	Bogotá
201	Industrial	Javeriana	Bogotá
202	Industrial	Javeriana	Cali
203	Industrial	Antonio Nariño	Bogotá
204	Industrial	Antonio Nariño (Noc)	Bogotá
205	Industrial	Autónoma de Occidente	Cali
206	Industrial	Autónoma de Occidente (Noc)	Cali
207	Industrial	Autónoma Latinoamericana	Medellín
208	Industrial	Católica de Colombia	Bogotá
209	Industrial	Católica de Colombia (Noc)	Bogotá
210	Industrial	Cooperativa de Colombia	Bogotá
211	Industrial	Cooperativa de Colombia (Noc)	Bogotá
212	Industrial	Antioquia	Medellín
213	Industrial	De la Sabana	Bogotá
214	Industrial	De los Andes	Bogotá
215	Industrial	Del Valle	Cali
216	Industrial	ICESI	Cali
217	Industrial	Industrial de Santander	Bucaramanga
218	Industrial	Nacional de Colombia	Bogotá
219	Industrial	Nacional de Colombia	Medellín
220	Industrial	Nacional de Colombia	Manizales
221	Industrial	Militar Nueva Granada	Bogotá
222	Industrial	Santiago de Cali	Cali
223	Industrial	Sérgio Arboleda	Bogotá
224	Industrial	Autónoma de Colombia	Bogotá
225	Industrial	Autónoma de Colombia	Bogotá
226	Industrial	El Bosque	Bogotá
227	Industrial	Atlántico	Barranquilla
228	Industrial	Católica de Oriente	Medellín
229	Industrial	Corporac. Politécnica de la Costa Atlántica	Barranquilla
230	Industrial	Corporac. Politécnica de la Costa Atlántica (Noc)	Barranquilla
231	Industrial	Autónoma del Caribe	Barranquilla
232	Industrial	Norte	Barranquilla
233	Industrial	Libre	Bogotá
234	Industrial	Tecnológica de Pereira	Pereira
235	Industrial	Fundación Universitaria de Popayán	Popayán
236	Industrial	Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá
237	Industrial	América	Bogotá
238	Industrial	Corp. Universitaria Tecnológica de Bolívar	Cartagena
239	Industrial	Escuela de Ingeniería de Antioquia	Medellín
240	Industrial	UPTC.	Sogamoso

241	Industrial	De Pamplona	Pamplona
242	Industrial	De Cundinamarca	Fusagasugá
243	Industrial	Francisco de Paula Santander	Cúcuta
244	Industrial	Corporación Universitaria del Meta	Villavicencio
245	Industrial	Corporación Universitaria del Meta	Villavicencio
246	Industrial de Alimentos	Fundación Universitaria del Area Andina	Bogotá
247	Materiales	Antioquia	Medellín
248	Materiales	Del Valle	Cali
249	Materiales	De Caldas	Manizales
250	Materiales y Metalurgia	Libre	Bogotá
251	Marketing y Negocios Internacionales	Cooperativa de Colombia	Bogotá
252	Mercados	Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga
253	Mercados	Piloto de Colombia	Bogotá
254	Metalúrgica	Antioquia	Medellín
255	Metalúrgica	Industrial de Santander	Bucaramanga
256	Metalúrgica	UPTC	Tunja
257	Metalúrgica	Libre	Bogotá
258	Mecánica	Libre	Bogotá
259	Mecánica	Corp. Universitaria Autónoma de Occidente	Cali
260	Mecánica	Corp. Universitaria Autónoma de Occidente	Cali
261	Mecánica	Corporación Universitaria de Ibagué	Ibagué
262	Mecánica	Central	Bogotá
263	Mecánica	Central (Noc)	Bogotá
265	Mecánica	INCCA	Bogotá
266	Mecánica	INCCA (Noc)	Bogotá
267	Mecánica	Antonio Nariño	Bogotá
268	Mecánica	Antonio Nariño (Noc)	Bogotá
269	Mecánica	Autónoma de Manizales	Manizales
270	Mecánica	Antioquia	Medellín
271	Mecánica	De los Andes	Bogotá
272	Mecánica	Del Valle	Cali
273	Mecánica	EAFIT	Medellín
274	Mecánica	Industrial de Santander	Bucaramanga
275	Mecánica	Nacional de Colombia	Bogotá
276	Mecánica	Pontificia Bolivariana	Medellín
277	Mecánica	Santiago de Cali	Cali
278	Mecánica	Santo Tomás	Bogotá
279	Mecánica	Atlántico	Barranquilla
280	Mecánica	Norte	Barranquilla
281	Mecánica	América	Bogotá
282	Mecánica	Tecnológica de Pereira	Pereira
283	Mecánica	Francisco de Paula Santander	Cúcuta
284	Mecánica	Nacional de Colombia	Medellín
285	Mecánica	Corp. Universitaria Tecnológica de Bolívar	Cartagena
286	Mecatrónica	Militar Nueva Granada	Bogotá
287	Mecatrónica	Autónoma de Occidente	Cali
288	Minas	UPTC.	Sogamoso
289	Minas	Tecnológica del Chocó	Quibdó
290	Minas	Fundación Universitaria de Popayán	Popayán

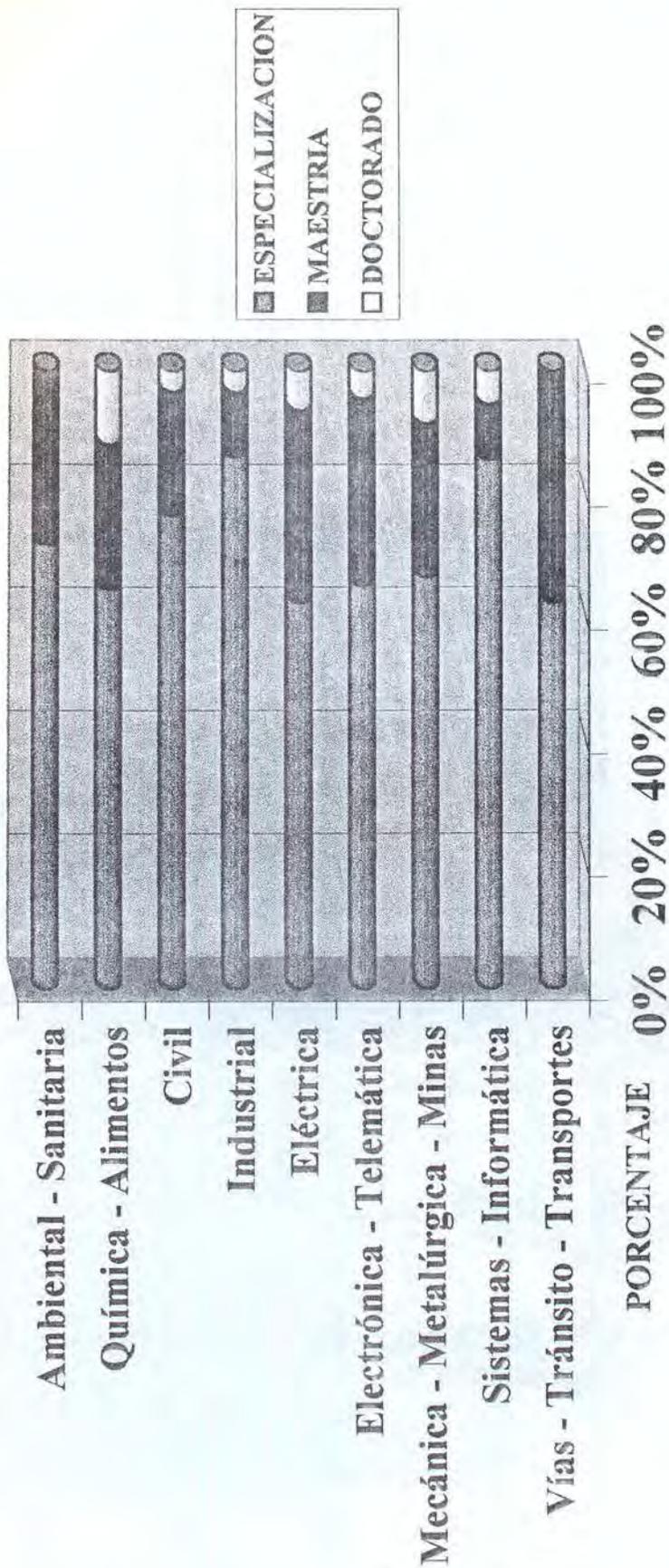
291	Minas	Fundación Universitaria del Area Andina	Bogotá
292	Minas y Metalurgia	Nacional de Colombia	Bogotá
293	Minas y Metalurgia	Nacional de Colombia	Medellín
294	Naval Electrónica	Escuela de Cadetes de Cartagena	Cartagena
295	Naval Mecánica	Escuela de Cadetes de Cartagena	Cartagena
296	Naval de Construcciones	Escuela de Cadetes de Cartagena	Cartagena
297	Plásticos	Santiago de Cali	Cali
298	Pesquera	Del Magdalena	Santa Marta
299	Pesquera	Tecnológica del Chocó	Quibdó
300	Petróleos	Nacional de Colombia	Bogotá
301	Petróleos	Industrial de Santander	Bucaramanga
302	Petróleos	Nacional de Colombia	Medellín
303	Petróleos	América	Bogotá
304	Petróleos	Surcolombiana	Neiva
305	Procesos	EAFIT.	Medellín
306	Producción	Escuela de Administración de Negocios EAN	Bogotá
307	Producción	Autónoma de Occidente	Cali
308	Producción	Autónoma de Occidente (Noc)	Cali
309	Producción	EAFIT	Medellín
310	Producción	Fundación Instituto Tecnológico Comfenalco	Cartagena
311	Producción	Francisco de Paula Santander	Cúcuta
312	Producción	Instituto Universitario de la Paz	Bucaramanga
313	Producción Agroindustrial	La Sabana	Bogotá
314	Producción Agrícola	Francisco de Paula Santander	Cúcuta
315	Productividad y Calidad	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	Medellín
316	Profesionalización para tecnólogos de Alimentos y Químicos	Corporación Universitaria Lasallista de Medellín	Medellín
317	Química	Antioquia	Medellín
318	Química	De los Andes	Bogotá
319	Química	San Buenaventura	Bogotá
320	Química	Del Valle	Cali
321	Química	Industrial de Santander	Bucaramanga
322	Química	Nacional de Colombia	Bogotá
323	Química	Nacional de Colombia	Manizales
324	Química	Nacional de Colombia	Medellín
325	Química	Pontificia Bolivariana	Medellín
326	Química	Atlántico	Barranquilla
327	Química	América	Bogotá
328	Química	San Buenaventura	Cartagena
329	Química de alimentos	UPTC	Tunja
330	Recursos Hídricos y Gestión Ambiental	Central	Bogotá
331	Recursos Hídricos y Gestión Ambiental	Central	Bogotá
332	Sanitaria	Antioquia	Medellín
333	Sanitaria	Del Valle	Cali
334	Sanitaria y Ambiental	Fundación Universitaria de Boyacá	Tunja
335	Sanitaria y Ambiental	Fundación Universitaria de Boyacá	Tunja
336	Sanitaria y Ambiental	Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
337	Sanitaria, Higiene, Desarrollo Ambiental	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
338	Saneamiento y Desarrollo Ambiental	Católica de Manizales	Manizales

339	Sistemas	Piloto de Colombia	Bogotá
340	Sistemas	Esc. de Administración de Negocios EAN	Bogotá
341	Sistemas	Esc. de Administración de Negocios EAN (Noc)	Bogotá
342	Sistemas	Fund. para la Educac. Superior Real de Col.	Bogotá
343	Sistemas	Fund. para la Educac. Superior Real de Col. (Noc)	Bogotá
344	Sistemas	Central	Bogotá
345	Sistemas	Central (Noc)	Bogotá
346	Sistemas	Fundación Universitaria Konrad Lorenz	Bogotá
347	Sistemas	Fundación Universitaria Konrad Lorenz (Noc)	Bogotá
348	Sistemas	Fundación Universitaria San Martín	Bogotá
349	Sistemas	Fundación Universitaria San Martín (Noc)	Bogotá
350	Sistemas	Fundación Universitaria Manuela Beltrán	Bogotá
351	Sistemas	Politécnico Gran Colombiano	Bogotá
352	Sistemas	Politécnico Gran Colombiano	Bogotá
353	Sistemas	Javeriana	Bogotá
354	Sistemas	INCCA	Bogotá
355	Sistemas	INCCA (Noc)	Bogotá
356	Sistemas	Católica de Colombia	Bogotá
357	Sistemas	Católica de Colombia (Noc)	Bogotá
358	Sistemas	Cooperativa de Colombia	Bogotá
360	Sistemas	Cooperativa de Colombia (Noc)	Bogotá
361	Sistemas	San Buenaventura	Bogotá
362	Sistemas	San Buenaventura (Noc)	Bogotá
363	Sistemas	EAFIT	Medellín
364	Sistemas	Nacional de Colombia	Bogotá
365	Sistemas	El Bosque	Bogotá
366	Sistemas	Escuela Col. de Ingeniería Julio Garavito	Bogotá
367	Sistemas	Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá
368	Sistemas	Autónoma de Colombia	Bogotá
369	Sistemas	Autónoma de Colombia (Noc)	Bogotá
370	Sistemas	Fundación Tecnológica Autónoma de Bogotá	Bogotá
371	Sistemas	Corp. Unidad de Carreras Profes. del Cauca	Popayán
372	Sistemas	Fundación Universitaria de Ibagué	Ibagué
373	Sistemas	Fundación Universitaria de Boyacá	Tunja
374	Sistemas	Fundación Universitaria de Boyacá	Tunja
375	Sistemas	Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga
376	Sistemas	Autónoma de Manizales	Manizales
377	Sistemas	Cooperativa de Colombia	Medellín
378	Sistemas	Cooperativa de Colombia (Noc)	Medellín
379	Sistemas	Antioquia	Medellín
380	Sistemas	Medellín	Medellín
381	Sistemas	Nariño	Pasto
382	Sistemas	Magdalena	Santa Marta
383	Sistemas	Del Valle	Cali
384	Sistemas	ICESI	Cali
385	Sistemas	Industrial de Santander	Bucaramanga
386	Sistemas	Mariana	Pasto
387	Sistemas	Santiago de Cali	Cali
388	Sistemas	UPTC.	Tunja

389	Sistemas	Cooperativa de Colombia	Barrancabermeja
390	Sistemas	Instituto Col. de Estudios Superiores INCOLDA	Cali
391	Sistemas	Católica de Oriente	Medellín
392	Sistemas	Norte	Barranquilla
393	Sistemas	Piloto de Colombia	Girardot
394	Sistemas	Corp. Universitaria Tecnológica de Bolívar	Cartagena
395	Sistemas	Corporación Universitaria del Sinú	Sinú
396	Sistemas	Francisco de Paula Santander	Cúcuta
397	Sistemas	San Buenaventura	Cartagena
398	Sistemas	Corporación Universitaria del Meta	Villavicencio
399	Sistemas	Corporación Universitaria del Meta (Noc)	Villavicencio
400	Sistemas	Corporación Universitaria de Popayán	Popayán
401	Sistemas	Corporación Universitaria de Popayán (Noc)	Popayán
402	Sistemas	De Cundinamarca	Fusagasugá
403	Sistemas	Autónoma del Caribe	Barranquilla
404	Sistemas	Autónoma del Caribe (Noc)	Barranquilla
405	Sistemas	Corporación de la Costa Atlántica	Barranquilla
406	Sistemas	Corporación de la Costa Atlántica (Noc)	Barranquilla
407	Sistemas y Computación	Andes	Bogotá
408	Sistemas y Computación	Javeriana	Cali
409	Sistemas y Computación	Quindío	Armenia
410	Sistemas y Computación	UPTC.	Tunja
411	Sistemas de Información	Corporación Universitaria del Sinú	Sinú
412	Sistemas e Informática	Libre	Bogotá
413	Sistemas con énfasis en Software	Antonio Nariño	Bogotá
414	Sistemas con énfasis en Software	Antonio Nariño (Noc)	Bogotá
415	Sistemas y Telecomunicación	Autónoma de Manizales	Manizales
416	Sistemas con énfasis en Adm. Financ.	San Buenaventura	Cali
417	Sistemas con énfasis en telecomunicac.	Cooperativa de Colombia	Bogotá
418	Sistemas con énfasis en telecomunicac.	Cooperativa de Colombia	Bucaramanga
419	Sistemas con énfasis en telecomunicac.	Cooperativa de Colombia (Noc)	Bucaramanga
420	Sistemas y Telemática	Santiago de Cali	Cali
421	Telecomunicaciones	Santo Tomás	Bogotá
422	Teleinformática	Piloto de Colombia	Bogotá
423	Telemática	Corp. Universitaria de Colombia IDEAS	Bogotá
424	Telemática	Corp. Universitaria de Colombia IDEAS (Noc)	Bogotá
425	Telemática	Católica de Manizales	Manizales
426	Telemática	ICESI	Cali
427	Textil	Pontificia Bolivariana	Medellín
428	Topográfica	Del Valle	Cali
429	Vías y Transportes	UPTC	Tunja

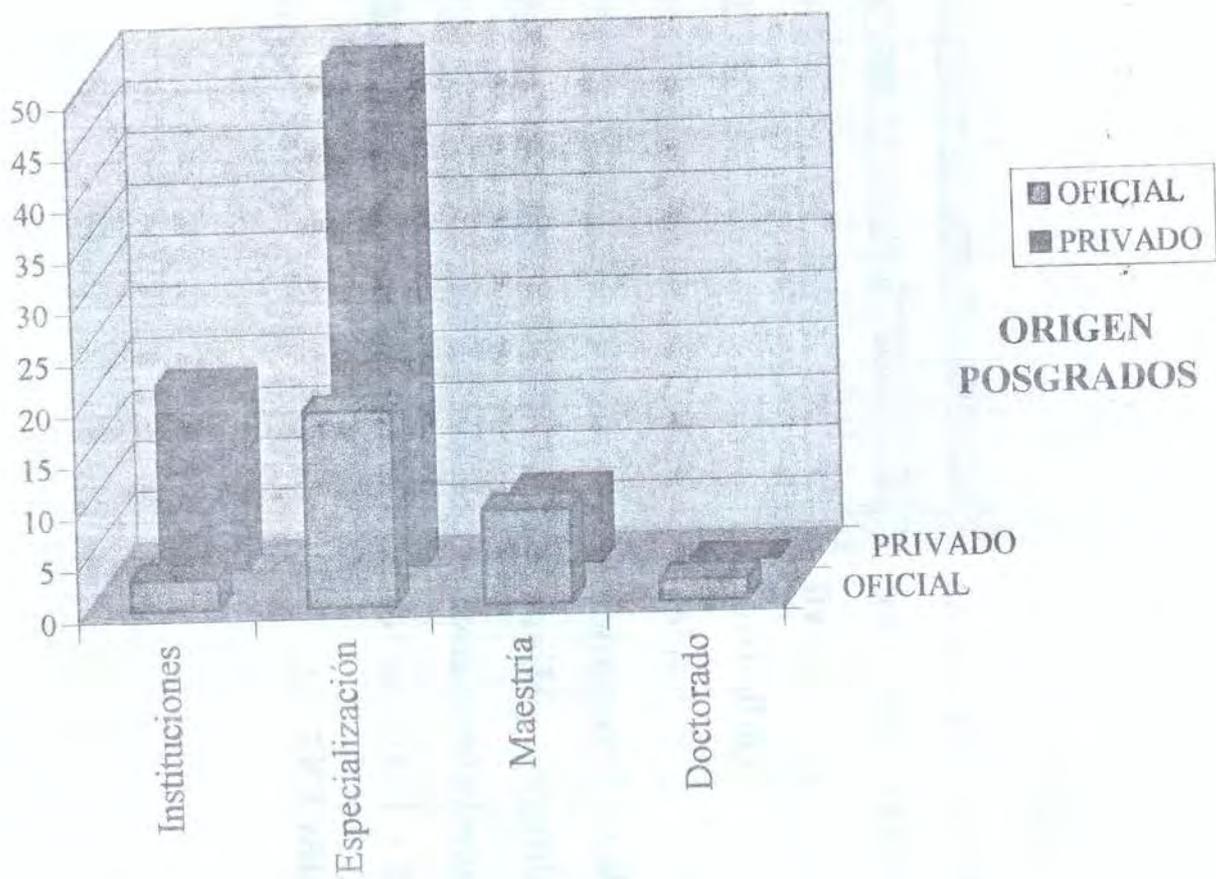
**Fuente:** Subdirección General de Planeación, ICFES - 1996.  
Avisos clasificados de El Tiempo - 1998.

**CAMPOS**

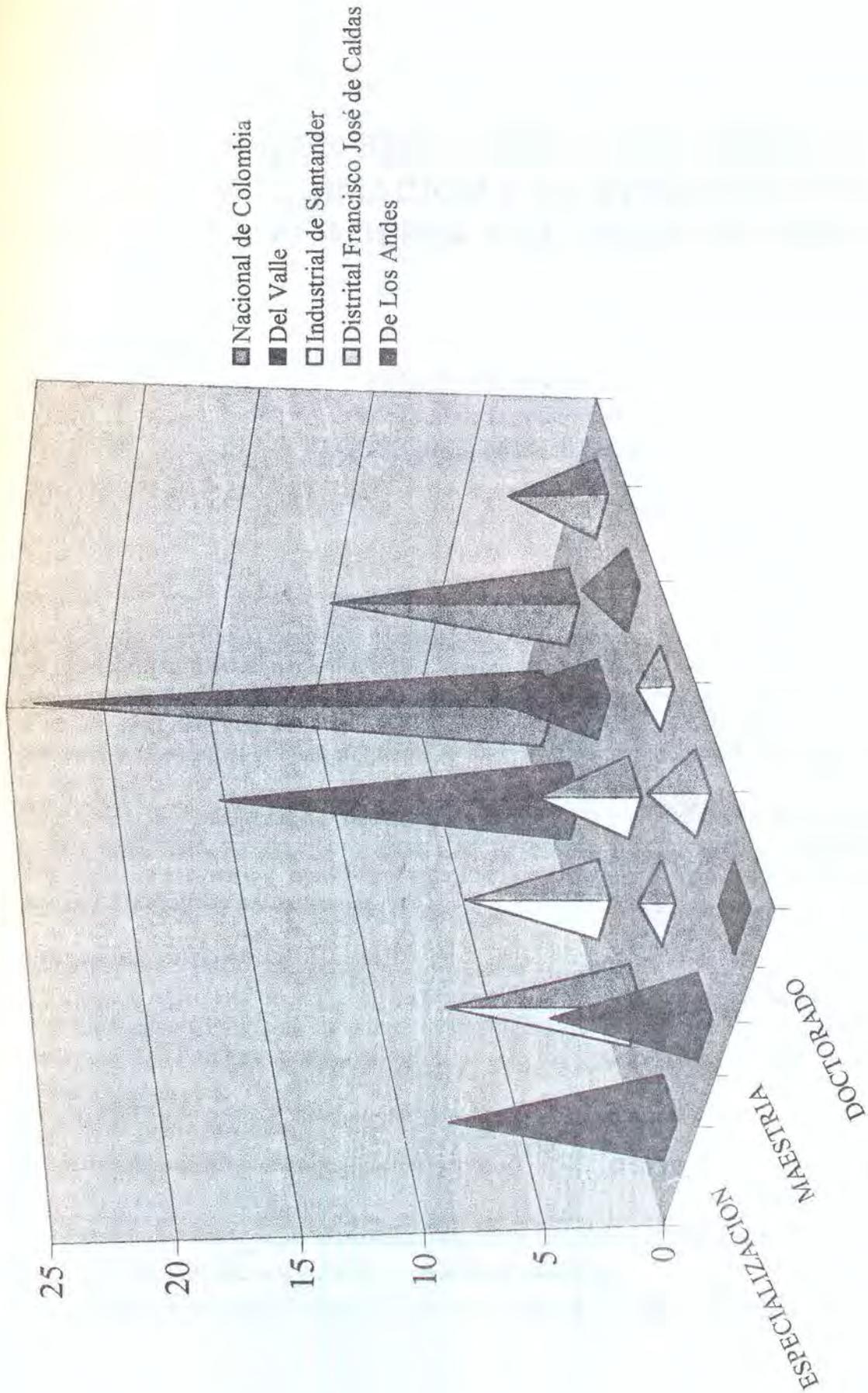


**PORCENTAJE**

**0% 20% 40% 60% 80% 100%**



**INSTITUCIONES Y NIVELES POSGRADUALES**



# MAESTRÍA EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA: UNA APROXIMACIÓN A LA INTEGRACIÓN ENTRE LA ACADEMIA Y EL MEDIO EXTERNO

**Pedro R. Vizcaya G.,  
Facultad de Ingeniería,  
Departamento de Electrónica**

## **Resumen:**

La Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, con base en su experiencia de más de 45 años en la formación de profesionales en diferentes áreas de la Ingeniería, tanto al nivel de Grado como de Postgrado, propone la creación de un programa de Maestría en Ingeniería Electrónica para dar respuesta a las solicitudes de la comunidad (gremio profesional y empresarial y egresados) por un programa de alto nivel que pueda absolver las necesidades de investigación básica y aplicada en esta área.

El Plan de Estudios particular de cada estudiante es flexible y se escogerá conjuntamente con el consejero académico buscando dar soporte al trabajo de investigación y a las necesidades individuales. Se prevén dos modalidades de Plan de Estudio, dependiendo de la intensidad y dedicación al trabajo de investigación.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana se está preparando para ofrecer a la comunidad un Programa de Maestría en Ingeniería Electrónica. Los principales rasgos distintivos de este Programa son:

- Formación integral
- Énfasis en diferentes áreas
- Bien definido carácter de investigación
- Flexibilidad en el diseño curricular
- Capacidad para hacer desarrollos de prototipos de productos electrónicos
- Cooperación estrecha con industrias y empresas nacionales

A continuación se presentan algunos aspectos de este Programa con énfasis en el desarrollo curricular.

## 2. OBJETIVOS

El programa de Maestría en Ingeniería Electrónica busca:

- Ofrecer a los profesionales de Ingeniería y al país en general un programa avanzado y flexible de postgrado que les permita realizar estudios con énfasis en áreas de la Ingeniería Electrónica de acuerdo con sus intereses profesionales y a las necesidades cambiantes del país.
- Proporcionar una formación avanzada en Ingeniería Electrónica con énfasis en técnicas modernas de análisis y diseño.
- Involucrar a los estudiantes en procesos de investigación en áreas específicas de la Profesión.

## 3. ESTRATEGIA PARA LA IMPLANTACIÓN DEL PROGRAMA

De acuerdo con la vocación de la Ingeniería Electrónica en la Universidad Javeriana, se tiene la posibilidad de abrir la Maestría en diferentes áreas de la Ingeniería Electrónica que incluyen:

- Telecomunicaciones,
- Controles Industriales,
- Técnicas Digitales y Computación,
- Bioingeniería,
- Diseño Electrónico.

Sin embargo, y con el objeto de garantizar los recursos para la iniciación del Programa, se planea iniciar la Maestría con énfasis en un área, e ir abriendo las demás áreas con intervalos no mayores de dos años. Inicialmente, y como respuesta a las necesidades del país, el programa tendrá énfasis en el área de Telecomunicaciones.

## 4. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

### 4.1 El Departamento de Electrónica y la Carrera de Ingeniería Electrónica

- ◆ La urgente demanda de Ingenieros Electrónicos que existía en el país y en el mundo para el año de 1960, motivó la creación de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Javeriana, mediante resolución número 83 bis de octubre 7 de 1960.
- ◆ El principal objetivo de la nueva facultad quedó escrito en el primer prospecto y era la "formación de profesionales cuya preparación científica y moral los capacitara para desempeñar excelentemente la profesión".
- ◆ Se iniciaron labores académicas en febrero de 1961. En el año de 1973, la Facultad se dividió en los departamentos, hoy secciones, de Electrónica, Comunicaciones, Técnicas Digitales y Sistemas, Laboratorio, y Asesorías e Investigación.
- ◆ En 1980 se integraron las carreras de Ingeniería Civil, Electrónica e Industrial, conformando la actual Facultad de Ingeniería y se nombró el primer Director de Departamento y Carrera de Ingeniería Electrónica.
- ◆ En 1996 como resultado del proceso de Planeación Estratégica [4, 5, 6] y de acuerdo con el documento de Unidades Académicas, se consolidaron las dos Unidades: Departamento de Electrónica y Carrera de Ingeniería Electrónica y luego del nombramiento de los correspondientes directores, se separaron las funciones del Director de la Carrera de Ingeniería Electrónica y del Director del Departamento de Electrónica.

- ♦ Aproximadamente 1600 estudiantes han cumplido los requisitos necesarios para recibir el Diploma que los acredita como Ingenieros Electrónicos de la Pontificia Universidad Javeriana. Estos profesionales (según los estudios realizados por ACIEM) tienen actualmente una gran demanda por parte de la industria, las empresas de servicios, las entidades financieras, el gobierno y las empresas del estado; varios de ellos, egresados de la Pontificia Universidad Javeriana, son propietarios de industrias o están ocupando cargos directivos en importantes empresas del sector de la electrónica, la informática, la banca y las telecomunicaciones tanto en el sector estatal, como en el privado.
- ♦ A partir de un estudio realizado para la definición del perfil profesional del Ingeniero Electrónico Javeriano y de las estadísticas semestrales del Centro de Apoyo Profesional de la Facultad de Ingeniería, se encuentra que por áreas de trabajo la ubicación de los egresados se distribuye de la siguiente manera:

<i>Campo</i>	<i>Participación</i>
Telecomunicaciones	41%
Computación y Sistemas	20%
Controles	15%
Instrumentación Médica	6%
Electrónica General	9%
Otras	9%

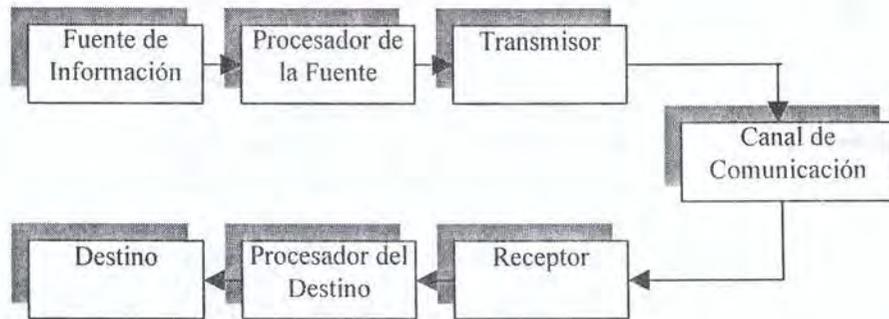
## 5. DESCRIPCIÓN CURRICULAR

### 5.1 Marco Conceptual

El objetivo del plan curricular es proporcionar los espacios necesarios para que los estudiantes tengan la oportunidad de desarrollar integralmente tres actitudes fundamentales: actitud disciplinaria, actitud investigativa y actitud humanística. La actitud disciplinaria involucra la formación en la disciplina específica escogida como énfasis dentro de la maestría, tal como transmisión de datos, televisión, procesamiento de imágenes, comunicaciones satelitales, etc. La actitud investigativa consiste en la aplicación de una metodología científica para el análisis y la solución de los problemas objeto de estudio, la cual conduce finalmente al descubrimiento o creación de verdades demostrables. La actitud humanística es la disposición para prever aspectos sociales y culturales en la selección de problemas y en el análisis de las alternativas de solución de los mismos.

### 5.2 Líneas de Investigación en Telecomunicaciones

Los elementos fundamentales de un sistema de comunicación son la fuente de información, el canal de comunicación y el destino de la información, como se ilustra con la siguiente figura.



De acuerdo con el anterior marco, se establecen cinco líneas de investigación en telecomunicaciones:

### 1. Procesamiento de Información

Esta línea envuelve los procesos de adquisición, reconstrucción, análisis y síntesis de fuentes de información y su objetivo final es interpretar y extraer la información útil de la fuente y presentarla para su transmisión en forma compacta. Como ejemplos de esta línea de investigación se pueden mencionar reconocimiento de voz, reconocimiento de escenas, compresión de voz, compresión de imágenes.

### 2. Transmisión y Recepción de Información

El objeto de esta línea es la caracterización de los diferentes medios de transmisión y los métodos correspondientes para la transmisión y recepción confiable de la información. Involucra temas como la codificación, modulación, análisis de propagación e interferencias, cubrimiento, antenas, análisis de confiabilidad y multiplexación. El estudio de propagación e interferencias de señales de televisión, la caracterización de antenas para transmisión y recepción de telefonía personal, la transmisión de electrocardiogramas por línea telefónica son ejemplos de esta línea de investigación.

### 3. Enrutamiento de información

El objeto de esta línea es el estudio de las técnicas para la conmutación de la información, que incluye temas como redes de datos, análisis de rutas, análisis de congestión, dimensionamiento de recursos de transmisión, entre otros. En esta línea se ubican temas como la adaptación del sistema de Señalización No.7 a las condiciones de la telefonía digital nacional, o la transmisión de telefonía por la red Internet.

### 4. Presentación de la Información

El objeto de esta línea es la caracterización del ser humano como receptor de la información y el desarrollo de la interfaz entre la máquina y el ser humano para comunicar apropiadamente información. Involucra temas como multimedia y desarrollo de interfaces hombre-máquina. El desarrollo de interfaces de usuario para teleconferencia a través de Internet, la conversión de texto a voz, o la adaptación de terminales para personas minusválidas, son temas que se pueden incluir en esta línea.

### 5. Gestión del sistema de comunicación.

Esta línea cubre los aspectos relacionados con la gestión técnica, financiera y administrativa de los sistemas de comunicación. Incluye temas como planeación de sistemas de comunicación, análisis de tráfico, operación, gestión de servicios.

### 5.3 Alternativas Curriculares

Este programa de Maestría desea fortalecer particularmente la investigación. Por esta razón el Plan de Estudios es completamente flexible. Adicionalmente se proponen dos alternativas curriculares, que aumentan la flexibilidad del programa, las cuales se describen a continuación. Es importante señalar que las dos alternativas incluyen un trabajo de investigación, pero con un balance distinto con relación a los cursos presenciales. El trabajo de investigación será realizado preferiblemente en la Universidad Javeriana y dirigido por un profesor-investigador del Departamento de Electrónica, pero también serán consideradas otras posibilidades para ajustarlo a las necesidades y disponibilidad de recursos particulares de cada trabajo de investigación. En cualquier caso, se mantendrá un asesor del Departamento con el objeto de asegurar una comunicación apropiada con la Universidad y la calidad del trabajo.

#### **Alternativa A: Cursos regulares y Tesis**

El estudiante que opte por esta modalidad, deberá tomar un mínimo de 27 créditos en asignaturas de los 3 tipos antes mencionados, fundamental, general y específica, de acuerdo con el plan de estudios definido con el consejero. Adicionalmente deberá cursar 6 créditos en asignaturas de contenido humanístico, desarrollar un trabajo de investigación y presentar una tesis, con un valor académico de 6 créditos, para un total de 39 créditos mínimo. El desarrollo del trabajo de investigación y la presentación de la tesis tomará típicamente un semestre, medio tiempo, lo cual corresponde a los 6 créditos asignados.

#### **Alternativa B: Trabajo de Investigación**

En esta alternativa el estudiante tendrá una dedicación total a un trabajo de investigación durante tres semestres, con una intensidad de 8 horas diarias. Durante este período deberá presentar un informe parcial semestral y, al final, un informe general sustentado ante jurados. Los resultados del trabajo realizado deberán presentarse en, al menos, un evento internacional reconocido por la comunidad científica o publicarse en al menos una revista arbitrada.

Los estudiantes en esta alternativa podrán tomar cursos del plan de estudios de la maestría de acuerdo a su conveniencia, con el visto bueno del director del trabajo, quien a su vez se desempeña como consejero del estudiante, y del director de la maestría. Adicionalmente deberán cursar 6 créditos en asignaturas de contenido humanístico y los 3 créditos del Seminario de Investigación.

### 5.4 Ejemplos del Planes de Estudios

Como consecuencia de la orientación hacia investigación del programa de Maestría, el plan de estudios es flexible y se debe adaptar a los requerimientos específicos de cada estudiante y de los trabajos de investigación abocados. Cada estudiante, conjuntamente con su consejero académico, propondrá un Plan de Estudios al Comité de la Maestría diseñado de acuerdo con las necesidades de su trabajo de investigación. A continuación se presentan tres ejemplos de Plan de Estudios.

Investigación	Televisión Digital	Transmisión de Voz Por la Red Internet	Comunicaciones Satelitales
Fundamentales	Procesos Estocásticos		
	Seminario de Investigación		
	Procesamiento Digital de Señales	Teoría de Información	Medios de Transmisión
	Teoría de la Información	Procesamiento Digital de Señales	Teoría de la Información
Generales	Procesamiento Digital de Imágenes y de Video	Teoría de Tráfico y Aplicaciones	Comunicaciones Digitales
	Comunicaciones Digitales	Redes de Computadoras	Tópicos de Sistemas de Comunicación (Comunicaciones Satelitales)
	Simulación y Modelamiento de sistemas	Comunicaciones Digitales	Simulación y Modelamiento de sistemas
Específicas	Reconocimiento de Patrones	Software de Telecomunicaciones	Tópicos de Sistemas de Comunicación (Microondas)
	Tópicos en Sistemas de Comunicación (Televisión Privada y Pública)	Tópicos en Gestión de Telecomunicaciones (Gestión de Servicios)	Tópicos en Gestión de Telecomunicaciones (Gestión Financiera)
Humanísticas	Seminario de Humanidades		
	Legislación y Ética de las Telecomunicaciones		
Tesis	Tesis de Maestría		

## 6. REFERENCIAS

1. Pontificia Universidad Javeriana, *Misión Proyecto Educativo*, Pontificia Universidad Javeriana, Acuerdo No. 0066 del Consejo Directivo Universitario, Santafé de Bogotá, abril de 1992.
2. Pontificia Universidad Javeriana, *Unidades Académicas*, Pontificia Universidad Javeriana, Acuerdo No. 0067 del Consejo Directivo Universitario, Santafé de Bogotá, abril de 1992.
3. Pontificia Universidad Javeriana, *Reglamento del Profesorado*, Pontificia Universidad Javeriana, Acuerdo No. 0066 del Consejo Directivo Universitario, Santafé de Bogotá, octubre de 1995.
4. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, *Propuesta para la Conformación de Unidades Académicas y Plan de Desarrollo en Ingeniería Electrónica*, Pontificia Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá, marzo de 1995.
5. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, *Plan Maestro de Desarrollo – Carrera de Ingeniería Electrónica*, Pontificia Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá, abril de 1997.
6. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, *Propuesta de Plan Estratégico 1997-2001*, Departamento de Electrónica, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá, marzo de 1995.

# **ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE ALIMENTOS: UN RETO PARA LA UNAD Y UNA EXPERIENCIA PARA COLOMBIA.**

**Carlos Enrique Cardona Fadul  
Salomón Gómez Castelblanco**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA-UNAD**

## **RESUMEN**

El trabajo se ha estructurado sobre la experiencia institucional que la UNAD ha acumulado, desarrollando el programa de Ingeniería de Alimentos por ciclos, bajo la modalidad de Educación Abierta y a Distancia.

Se presenta de manera sucinta el diseño curricular de la especialización en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales, indicando los antecedentes que califican a la UNAD, para desarrollarla en el contexto ontológico de su diseño y el horizonte de posibilidades que de ella se desprenden.

## **1. PRESENTACIÓN:**

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia, presenta a la comunidad académica nacional de las Ciencias de la Ingeniería, este posgrado, como un aporte al desarrollo y a la reconversión tecnológica de la agroindustria alimentaria del país.

La UNAD ofrece a la comunidad colombiana comprometida en una u otra forma con el procesamiento de alimentos, esta especialización en convenio con la Facultad de Enghenaria de Alimentos F.E.A de la Universidad de Campinas, Brasil, UNICAMP.

El posgrado pretende elevar el grado de conocimiento de las disciplinas de la Ingeniería, aplicadas en la Ingeniería de Alimentos.

## **2. ANTECEDENTES.**

La UNAD ofrece desde hace quince años el programa de pregrado en Ingeniería de Alimentos, en la modalidad Abierta y a Distancia, lo que le ha permitido acumular experiencia, preparar recurso humano, físico y su estructura orgánica, así como establecer convenios con otras instituciones para el logro de su misión.

El posgrado surge como consecuencia de la necesidad del país de contar con cuadros altamente especializados, que dinamicen con criterio los procesos de generación, adaptación y transferencia de tecnologías y de colocar a la Ingeniería de Alimentos en el nivel de importancia que le corresponde en el proceso de modernización y actualización científico-tecnológica y desarrollo sostenible de la agroindustria nacional.

## **3. NECESIDAD DEL POSGRADO EN COLOMBIA.**

El desarrollo agroindustrial alimentario del país requiere profesionales altamente especializados que puedan desempeñarse eficiente y eficazmente en el desarrollo del inmenso potencial de los recursos naturales con que nuestro territorio cuenta, para aprovechar esa ventaja comparativa que poseemos, aún no totalmente cuantificada.

Para ello se hace necesario preparar profesionales, vinculados con el sector de la producción industrial de alimentos, con un alto contenido de conocimiento tecnológico y formados para abordar con éxito el diseño e incorporación de procesos adecuados a las características de nuestras materias primas.

Es necesario implementar una nueva racionalidad productiva (Brundtland 1988) que requiere políticas científico tecnológicas que tomen en cuenta las condiciones particulares de cada región de las varias que conforma nuestra diversidad etno-geográfica.

Las condiciones futuras para el desarrollo del país requieren de profesionales:

Con capacidad de adaptar y generar Tecnología y no solo de adoptarla.

Con un sentido crítico de la gestión tecnológica y de su impacto social, político, económico y ambiental.

Que desde el punto de vista de la Ingeniería estén en capacidad de discutir problemas y de solucionarlos.

Colombia no puede seguir siendo un dependiente pasivo, sumiso y resignado del 'colonialismo tecnológico'.

#### **4. OBJETIVOS.**

Estimular la necesidad de actualización permanente de los profesionales y docentes de la Ingeniería de Alimentos en el conocimiento y su transferencia al ámbito académico, científico, industrial y social.

Profundizar los conocimientos en aspectos relacionados con la Ingeniería de Alimentos.

Incentivar el empleo del diseño en ingeniería para interpretar, interrelacionar y transformar los campos de conocimiento de la Ingeniería de Alimentos.

Fomentar la labor creativa en el trabajo interdisciplinario, creando un ambiente propicio para las tareas de investigación y desarrollo del subsistema de la industrialización de alimentos..

Perfeccionar la independencia de raciocinio en el planeamiento y ejecución de investigaciones en el campo de la Ingeniería de Alimentos.

#### **5. PROPOSITO DE LA ESPECIALIZACION.**

Fomentar el crecimiento y desarrollo tecnológico de la agroindustria alimentaria en Colombia.

Se pretende al formar estos cuadros especializados, que dinamicen y multipliquen su conocimiento con la sociedad, para que se coloque la agroindustria colombiana en el sitio que le corresponde en el concierto internacional, dadas sus inmensas ventajas comparativas en la producción primaria agropecuaria.

## **6. MODALIDAD.**

De acuerdo con la filosofía de la Universidad de Educación y a Distancia, se seguirá una modalidad semi-escolarizada con eventos presenciales concentrados cada seis meses; para ello se cuenta con todas las ayudas didácticas necesarias, guías de estudio, conexión de Internet y demás sistemas modernos de información, de tal suerte que el participante acceda a niveles superiores de conocimiento sin alejarse de su núcleo de actividad productiva.

## **7. METODOLOGIA.**

Se seguirá fundamentalmente una metodología de seminario, con dos grandes componentes a saber:

### **Seminario**

Exposición amplia por parte del experto internacional o nacional del resultado de sus investigaciones y planteamiento de los modelos teóricos actualizados de su saber propio.

Talleres de aplicación y ejercicios de estudios de casos, resolución de situaciones problemáticas y de problemas débilmente estructurados .

### **Tutoría**

De carácter formativo y puede ser presencial con monitor colombiano, o a distancia, vía correo electrónico con el monitor o el experto extranjero.

## **8. HABILIDADES A DESARROLLAR.**

Un Ingeniero es un solucionador de problemas, por lo común, su problema empieza con una necesidad no satisfecha que se puede satisfacer con un dispositivo físico, una estructura o un nuevo proceso, por lo tanto, su tarea primordial es traducir un vago enunciado de lo que se requiere en un conjunto de especificaciones concretas. Las habilidades para lograr esto es lo que queremos desarrollar en el posgrado.

El ingeniero en su pregrado debe haber desarrollado algunas habilidades mentales y destrezas operacionales. Entre ellas, en el posgrado se tratará de perfeccionar las siguientes:

- Habilidad de diseño: capacidad de transformar una necesidad en un conjunto de especificaciones
- Habilidad en la simulación de fenómenos: reproducción del fenómeno del objeto real por otros medios.
- Habilidad en la computación: proyección de su campo de aplicación
- Destreza en optimización: proceso de alcanzar la mejor solución
- Aptitud para utilizar las fuentes de información: máximo aprovechamiento de la información disponible.
- Aptitud y actitud para el trabajo interdisciplinario: capacidad para fomentar y mantener relaciones de trabajo cooperativo.

## **9. LINEAS DE INVESTIGACION.**

Inicialmente se plantean tres líneas de investigación que permitirán ir conformando el futuro del desarrollo de la agroindustria colombiana.

Propiedades biofísicoquímicas y funcionales de las materias primas nacionales.

Optimización de los procesos de producción de productos autóctonos.

Diseño de tecnologías de bajo consumo energético y de reducción del impacto ambiental.

## **10. EL NUEVO PARADIGMA DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS EN EL MUNDO**

El concepto de operación unitaria basado en la desagregación de los procesos industriales en operaciones con principios comunes, ecuaciones y correlaciones ha sido por décadas el punto central de las Ingenierías Química y de Alimentos, esta apreciación está evolucionando hacia un nuevo paradigma de desarrollo de procesos y productos basado en herramientas modernas y en conocimiento.

Las investigaciones que determinan el nuevo paradigma son:

- Ciencias de los materiales
- Desarrollo de relaciones cuantitativas entre la composición de los alimentos, sus propiedades: biofísicoquímicas y sus atributos de calidad. Relaciones que deben ser: cuantificables, reproducibles y relevantes.
- Aplicación de esas relaciones a la práctica industrial
- Modelos organizados y sistematizados en bases de datos basados en el computador y su aplicación a la solución de necesidades y problemas específicos.
- Nuevas herramientas tales como: análisis de imagen y simulación de estructuras de alimentos en computador.

## **11. PROYECCION.**

Se propone una vez se consolide la especialización y se generen nuestros propios procesos y experiencias de alto contenido de conocimiento en la Ingeniería de Procesos en Alimentos, diseñar un programa de doctorado en el mismo campo, con dos áreas mayores de investigación: Una en docencia de la Ingeniería de Alimentos, destinada a los ingenieros docentes y otra en Bioingeniería destinada a los ingenieros de la industria.

## **12. ¿ ES POSIBLE UN POSGRADO A DISTANCIA EN INGENIERIA ? .**

Estamos asistiendo a la aparición y consolidación de nuevas formas de producción y divulgación del saber, del conocimiento y de la aproximación a modelos de la verdad; en la Educación Abierta y a Distancia es posible vislumbrar dispositivos y procedimientos pertinentes con los nuevos mecanismos de difusión del conocimiento en la sociedad actual,

La educación abierta responde a la necesidad y al derecho que tenemos los seres humanos y principalmente en esta época de revolución científico-tecnológico, de acceder a los procesos de aprendizaje del saber; los principios universales de igualdad de oportunidades, democracia y justicia social constituyen su fundamento.

“La educación a distancia corresponde a formas de aprendizaje que en general no son guiadas por profesores presentes en un aula de clase. En su defecto se cuenta con una organización educativa que respalda y planifica los diversos procesos que se llevan a cabo, con materiales didácticos a través de los cuales se hacen llegar los conocimientos y la información a los estudiantes, con diversos recursos educativos y medios de apoyo, así como con tutores que orientan las actividades de aprendizaje”<sup>1</sup>

La educación a distancia se ha venido constituyendo en el mundo en la opción que ofrece una respuesta a las demandas de educación y formación; Colombia no es en este aspecto una excepción y en nuestro medio socio-económico no es fácil el acceso a los niveles superiores del conocimiento, medio en el cual generalmente el profesional tipo carece o del tiempo o de los ingresos o de ambos factores para acceder a los posgrados presenciales.

Los elementos centrales de todo proceso de enseñanza -aprendizaje: discente, docente, conocimiento y medio de transmisión, concurren en el presente plan, no requiriéndose indefectiblemente de la intermediación permanente del docente, considerando que el abordaje del conocimiento se puede realizar mediante el empleo de diversos medios.

El participante puede interactuar permanentemente las diversas fuentes de conocimiento por medio de:

- Los medios y sistemas modernos de comunicación
- Sus relaciones con los elementos que integran su núcleo laboral
- La confrontación de los conceptos teóricos con la realidad propia de su medio de trabajo
- La tutoría
- Los eventos presenciales.

Debemos señalar que esta modalidad aún es vista por muchas instancias como un dispositivo anormal frente a las prácticas pedagógicas tradicionales, pero quiénes estamos vinculados de que ellos no son una simple modalidad, sino el replanteamiento de la responsabilidad de la educación superior en nuestra sociedad. No vemos la Educación a Distancia como la versión no presencial de la Educación presencial.

### **13. PORQUE ES UN RETO PARA LA UNAD?**

Constituye un posgrado no tradicional e innovativo, como disciplina desarrollada en su Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería y a su vez demostrar cómo con la educación abierta y a distancia, puede ser ofrecida una especialización con incidencia positiva en las regiones del país bajo imperativo de calidad, tanto en procesos como en la formación de los egresados de la misma.

---

<sup>1</sup> Contreras Marco et al; Educación Abierta y A Distancia; UNAD; Bogotá; 1997 pag; 85.

# EDUCACION VIRTUAL EN POSTGRADOS MAESTRIA EN CIENCIAS COMPUTACIONALES UNA EXPERIENCIA EN LA FORMACION DE RECURSO HUMANO ESPECIALIZADO

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA**  
Guillermo Rueda Rueda\* - [grueda@www.unab.edu.co](mailto:grueda@www.unab.edu.co)

Conscientes de que los cambios en las actividades humanas se deben promover en Colombia, en relación con la ciencia, la tecnología y la educación y, de que los avances que podamos lograr están determinados en gran medida por ellos, se ha apropiado el sistema de Universidad Virtual a nuestro país y se ha enriquecido con la contextualización del modelo de acuerdo con nuestras necesidades de desarrollo y de investigación.

La Universidad Autónoma de Bucaramanga – UNAB ha implementado el sistema de Educación Virtual y en lo que corresponde a la Facultad de Ingeniería de Sistemas por intermedio de ella se ha desarrollado el programa de Maestría en Ciencias Computacionales - MCC. Es así como actualmente el programa de MCC, aprobada por la reglamentación educativa colombiana, e impartida en cuatro ciudades del país<sup>1</sup> constituye un logro fundamental para el desarrollo y la modernización de la educación en nuestro país. Primero porque un sistema educativo que involucra el uso de tecnologías de la información y la comunicación obliga a cambiar de paradigmas, a analizar nuevas variables y a integrar saberes, en lo comunicativo, en lo pedagógico, en lo concerniente a cada saber particular y en lo tecnológico; y segundo, porque las instituciones encargadas de velar por la educación en nuestro país están observando y estudiando con detenimiento los sistemas educativos de esta naturaleza. Creemos que estamos abonando el camino para las futuras generaciones y para la modernización efectiva de la educación en Colombia. Por otro lado, dicho modelo contribuye a la solución de problemas relacionados con la carencia de recurso humano capacitado y de sistemas educativos con amplia cobertura que necesita el país para su desarrollo social y económico.

---

<sup>1</sup> UNAB – Universidad Autónoma de Bucaramanga, CUTB – Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar. CUAO – Corporación Universitaria Autónoma de Occidente - Cali y Corporación Universitaria de Ibagué - CORUNIVERSITARIA.

Las consecuencias inmediatas de un programa de educación virtual se podrían resumir en los siguientes puntos:

- **Modernizar la Educación:** Acercando estudiantes y profesores a su contexto real, contribuyendo en la generación del nuevo ethos cultural cambiando los modelos pedagógicos centrados en la enseñanza hacia los modelos pedagógicos centrados en el aprendizaje que garanticen al hombre convivir en un mundo cada vez más complejo, aprender a aprender a lo largo de toda su vida y a ser competente en el mercado regional, nacional y mundial.
- **Acelerar el avance Científico y Tecnológico:** Acercando el mundo al aula de clase y a los laboratorios de investigación a través de las telecomunicaciones.
- **Superar las limitaciones de tiempo y espacio:** Desarrollar una cultura computacional amplia, enriquecer el aprendizaje, desarrollar un pensamiento creativo y constructivo, adquirir un criterio más rico y tolerante ante la diversidad cultural y la necesidad de mejorar el nivel educativo de nuestro país.

## 1. QUE ES LA RED UNIVERSITARIA MUTIS ?

La Red Universitaria José Celestino Mutis está constituida por un grupo de Universidades Colombianas que decidieron aunar esfuerzos, abrir canales de comunicación y fortalecer las relaciones horizontales para acelerar el desarrollo académico (docencia e investigación) y administrativo de las instituciones que la conforman.

## 2. ANTECEDENTES DE LA RED MUTIS

En el año de 1991 la UNAB firma un convenio con el ITESM - Campus Estado de México para el desarrollo de Diplomados en la modalidad presencial. Aprovechando esta experiencia la UNAB adopta una estrategia de desarrollo tecnológico alrededor del nuevo Sistema Educativo (SEIS - Sistema de Educación Interactivo por Satélite) ofrecido en ese entonces por el ITESM con el fin de capacitar recurso humano especializado en los países de América Latina.

La implementación del modelo lleva a la UNAB a adoptar un nuevo paradigma en los procesos de enseñanza - aprendizaje en materia de Tecnología y Asimilación, que para ese entonces generaba rechazo en la educación tradicional debido a su poca aceptación. En el año 1996 el ITESM observando las experiencias y determinando sus áreas de oportunidad hace una modificación sustancial del SEIS al nuevo sistema de Universidad Virtual, exigiéndole a la

UNAB un planteamiento estratégico en desarrollo tecnológico para poder apoyar la implementación de esta nueva fase del sistema educativo.

La UNAB compartiendo las ventajas ofrecidas por el modelo como son: superar las limitaciones de tiempo y espacio, desarrollar una cultura computacional amplia, enriquecer el aprendizaje, desarrollar un pensamiento creativo y constructivo, adquirir un criterio más rico y tolerante ante la diversidad cultural y la necesidad de mejorar el nivel educativo de nuestro país, decide aunar esfuerzos en forma estratégica con diferentes universidades del país, observando para ello localización geográfica y posibilidades de desarrollo académico y tecnológico. Se unen a este proyecto en forma secuencial diferentes Universidades del país como: La Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar de Cartagena, La Corporación Universitaria Autónoma de Occidente de Cali, La Corporación Universitaria de Ibagué, La Universidad Autónoma de Manizales, la Fundación Universitaria de Popayan y para el año 1998 se genera el ingreso a la Red por parte del ITESM en forma nacional con sede en la ciudad de Santafé de Bogotá y del sector productivo por intermedio del Grupo Suramericana en Medellín, que le imprime una característica innovadora al proyecto, la cual es la de llevar la Universidad a la empresa con una cobertura nacional, descentralizando la educación y generando nuevos modelos educativos.

Implementar el modelo de Universidad Virtual, genera el uso de avanzadas tecnologías de telecomunicaciones y redes electrónicas que conllevan a que las Universidades participantes generen un Plan de Desarrollo Tecnológico que posibilite la globalización académica.

### **3- ESTRUCTURA DE LA RED.**

#### **3.1. Características Académicas del Sistema**

Inicialmente el convenio UNAB-ITESM y posteriormente la RED MUTIS le han planteado al Sistema de Educación Superior del país otro paradigma para la educación superior, que funde la actividad docente y la investigativa mediante un nuevo sistema: el de la Universidad Virtual. Es un nuevo paradigma para el proceso de aprender apoyado en un modelo pedagógico flexible y en tecnologías modernas en telecomunicaciones, redes e hipermedios.

La manera como se ha diseñado el proceso de investigación privilegia la oportunidad para establecer diálogos abiertos que enriquecen la relación entre el tutor y el alumno, desmitificando la actividad investigativa. Para el alumno, el tutor ve reforzada la acción de tutoría con la consulta a otros expertos en el tema invitados a participar en los foros y mesas virtuales.

El modelo pedagógico parte del concepto mismo de **educación**, como acción consciente e intencional ejercida desde el exterior para que otro se forme, y del concepto de **formación** como el proceso de desarrollo interior de las personas, que se exterioriza de manera particular.

### 3.2. Componentes del Sistema

**Sesiones Satelitales:** En ellas el docente expone los puntos relevantes del tema, coordina la participación de los alumnos mediante diversos medios, aclara dudas, asigna tareas o actividades y, en general, establece una comunicación con sus alumnos. Los alumnos cumplen con las actividades previstas, comunican sus comentarios o preguntas sobre el material entregado previamente e interactúan a través del sistema de Interacción Remota (SIR), vía telefónica, fax o usando el One Touch.

**Uso de Medios Tecnológicos:** Se dispone de Internet en las actividades diseñadas por el profesor, página electrónica del curso, búsqueda y selección de información en otras hojas electrónicas, accesadas mediante hiperligas presentes en la página del curso, uso del correo electrónico, elaboración de comentarios, opiniones o conclusiones, por escrito, dentro del Grupo de Discusión de la página electrónica del curso.

**Otras Actividades:** Para lograr el aprendizaje el estudiante debe ser activo, responsable, curioso, trabajador y comprometido con el material de estudio. Cada módulo describe el listado de actividades que se han de realizar a lo largo del curso y establece las especificaciones de la comunicaciones electrónicas para las asesorías o para las intervenciones de los estudiantes.

## 4. IMPACTO

La creación de la RED MUTIS, la incorporación de las nuevas tecnologías en lo pedagógico y en lo pertinente a comunicaciones; ha facilitado el reconocimiento de las fortalezas en investigación de cada una de las seis (6) Instituciones que conforman la RED y la consiguiente configuración de Grupos que en forma gradual se van a potenciar gracias a la identificación de ideas comunes de investigación; el desarrollo de las cuales va a constituir en el eje de los estudios de maestría centrados en la investigación. El trabajo en Grupo se encamina a la creación de Centros de Investigación en la RED, optimizando de esta manera el uso de los recursos, exigentes, que demanda el desarrollo científico y tecnológico.

Las cifras a nivel Latinoamérica no son muy alentadores al encontrar que el 94% del número total de científicos pertenecen al primer mundo, y que los llamados países en desarrollo poseen solo el 6% del mismo, aun cuando su población representa el 77% de la población mundial. A decir verdad es una relación contrastante. De ese 6% de científicos en los países en desarrollo solo el 1% corresponde a América Latina y de este valor solo el 1% corresponde a Colombia. Las anteriores son cifras bastante crudas y alertadoras. Es por esto que la Red Universitaria Mutis ha entendido como lo menciona el Nobel Colombiano García Márquez en su proclama por un País al alcance de los niños que las condiciones para el cambio social deben darse únicamente con la educación como órgano maestro.

Las estadísticas de la tabla reflejan el número de personas capacitadas a nivel de Maestría por ciudad y de este porcentaje cuantas son elemento humano interno de las universidades participantes:

AREA	1ª. Promoción	2ª. Promoción	3ª. Promoción
MCC Bucaramanga	9	10	0
Docentes UNAB	4	3	0
MCC Cartagena	13	22	9
Docentes CUTB	5	4	0
MCC Cali	17	?	10
Docentes CUAO	12	?	0
MCC Ibagué	0	6	0
Docentes CORUNIV.	0	4	0

Por su parte la Instituciones de la RED, conscientes de que el desarrollo de Grupos y Centros de Investigación depende de la formación a nivel de Maestría y Doctorado de sus profesores, han reforzado en forma intensiva el plan de capacitación en el país y fuera de él de sus profesores.

## 5. SINTESIS Y LINEAS DE INVESTIGACION DE LAS MAESTRÍAS OFRECIDA POR LA RED MUTIS.

A partir de las fortalezas se han conformado las líneas de investigación que se van constituyendo en la fuente primordial para el desarrollo del programa. El programa de MCC ha generado las siguientes líneas de investigación:

- Teoría de Números y Problemas de Transmisión y Procesamiento de Información.
- Teleinformática Educativa.
- Métodos de Regularización para problemas mal puestos y Problemas Inversos.
- Inteligencia Artificial.
- Seguridad e Integridad de Redes.

## 6. EL PAPEL DE LA TECNOLOGIA EN LA UNIVERSIDAD VIRTUAL

Dado el modelo pedagógico en el cual se enmarca la Universidad Virtual, se hace necesario un fuerte soporte tecnológico. Es por ello, que las universidades de la Red Mutis han realizado inversiones importantes para adquirir la tecnología necesaria para ser operacional la Universidad Virtual. A modo de ejemplo, nos permitimos mencionar, que la Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB, posee actualmente dos canales satelitales dedicados, uno para

videoconferencia otro para datos, aulas especiales para videoconferencia, herramientas de apoyo para trabajo en grupo de forma remota, Internet, un Laboratorio de Cómputo Especializado, para potenciar el desarrollo tecnológico y la investigación.

De otro lado, la relación entre la universidad virtual y la tecnología no se reduce a una relación puramente instrumental. En efecto no es suficiente con tener tecnología para alcanzar los objetivos de la universidad virtual, se requiere además conocer los aspectos pedagógicos y de comunicación que permiten utilizar la tecnología como una herramienta efectiva en los procesos educativos. Recíprocamente, dado que la universidad se encuentra inherentemente conectada con la sociedad, la economía, la producción, apropiación y difusión de conocimiento, surgen permanentemente nuevos retos, los cuales implican nuevos problemas tecnológicos, tanto al nivel de apropiación como al nivel de producción de tecnología.

Actualmente el conocimiento desempeña un papel decisivo en la forma como las naciones participan de la economía, la cultura y la geopolítica mundial. Por lo tanto es responsabilidad de la Universidad Virtual como Universidad, convertirse en un centro de reflexión, apropiación y producción de conocimiento, que le permitan formar profesionales capaces de responder de manera apropiada a los retos que la sociedad actual y futura demandan.

---

\* Ingeniero de Sistemas – Ingeniero Industrial, Universidad Industrial de Santander; Maestría en Ciencias Computacionales Especialidad en Inteligencia Artificial – Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey México; Decano de la Facultad de Ingeniería de Sistemas – UNAB.

# LA REINGENIERÍA DE LA INGENIERÍA: EL CASO DE LA EDUCACIÓN AVANZADA Y LA EDUCACIÓN CONTINUADA

Asdrúbal Valencia Giraldo  
Universidad de Antioquia  
Apartado Aéreo 1226, Medellín  
Teléfono 210 5543, Fax 2638282  
E-mail: avalen@jaibana.udea.edu.co

**Resumen:** Es un consenso general que hay crisis en la ingeniería colombiana, en su educación, en su evaluación, su función profesional y su papel en la sociedad. Es necesario hacer estudios y realizar acciones que permitan superar esta situación. En el presente trabajo se hace una reflexión sobre el estado actual de la formación de ingenieros frente a las muchas realidades - globalización, cambio tecnológico vertiginoso y proliferación de programas exóticos en ingeniería - y se analiza el estado del arte del método ingenieril y su relación con la situación vigente.

Se muestra como la educación avanzada y continuada se utilizan para remediar las carencias de los ingenieros nuevos y reciclar a los antiguos. Analizando la situación de los posgrados en ingeniería en Colombia y Antioquia, se cuestiona el papel del posgrado como remedial del pregrado - sobre todo en el nivel de las especializaciones - y se muestra la gran carencia de investigación en ingeniería. Se estudia el papel aún precario de las maestrías en la formación de ingeniería, así como lo incipiente de los doctorados en ingeniería.

A la luz de la experiencia en la Universidad de Antioquia se muestran los resultados logrados hasta ahora, las acciones que se realizan en la actualidad y los proyectos que existen para el futuro en la Universidad de Antioquia y la región.

## INTRODUCCIÓN

La ingeniería no ha sido definida en una frase. En 1820 el arquitecto británico Thomas Tredgold, presidente de la *Institution of civil engineers*, probablemente el primero que hizo un intento, la llamó "el arte de dirigir las grandes fuerzas de la naturaleza y usarlas para beneficio del hombre". [1] Para esa época la definición era apropiada pues no se había consolidado aún el papel de la ciencia y la tecnología en el quehacer ingenieril. Todavía un siglo después los ingenieros civiles definían la profesión como "el arte de la aplicación práctica del conocimiento científico y empírico al diseño y producción o realización de varios tipos de proyectos constructivos, máquinas y materiales de uso o valor para el hombre" [2]

De una manera más general, en la actualidad se proponen nuevas definiciones, cada vez más largas y complejas. Una definición colombiana, es la siguiente: "ingeniería es el conjunto de conocimientos teóricos, de conocimientos empíricos y de prácticas, que se aplican profesionalmente para disponer de las fuerzas y recursos naturales, y de los objetos, los materiales y los sistemas hechos por el hombre para diseñar, construir, operar equipos, instalaciones, bienes y servicios con fines económicos, dentro de un contexto social dado, y exigiendo un nivel de capacitación científica y técnica ad-hoc - particularmente en ciencias naturales y economía - especial y notoriamente superior al del común de los ciudadanos".[3]

Sea cual sea la definición usada, la ingeniería se basa en tres fuentes principales: la técnica - y todos sus atributos empíricos -, la tecnología - que cambia continuamente - y la ciencia que le da bases racionales a esta profesión. Además se emparenta con las ciencias económicas y administrativas y tiene componentes socio humanísticos y artísticos. [4]

Con tal amplitud de miras se comprende el influjo que los ingenieros deberían tener en la sociedad, pero no es así, a pesar de que la ingeniería es la profesión que modela el mundo en todas sus formas. Las razones de esta situación radican en el ingeniero mismo, la universidad que los forma y la sociedad que los acoge.

## EL INGENIERO

La población universitaria colombiana para 1996, era de 630 000 personas de las cuales casi una cuarta parte, es decir, 150 000, estudiaban uno de los más de 69 programas de ingeniería en 114 centros de educación superior, cifras que reflejan la importancia que se da a esta profesión.[5] En la universidad de Antioquia se tiene esta misma proporción y la Facultad de Ingeniería alberga aproximadamente la cuarta parte del estudiantado de la Universidad.

La mayoría de los estudiantes de ingeniería vienen de clase media o menos y ven esta carrera como un medio de ascender socialmente. Están interesados en cuestiones tecnológicas, sobrecargados de trabajos, son gente pragmática y están poco inclinados a pensar de un modo filosófico. Para ellos los cursos de ciencias son obstáculos para vencer y los cursos sociohumanísticos son "rellenos", que se ganan fácilmente. Y cuando el estudiante se convierte en ingeniero practicante, no es fácil que la situación cambie.

Muy pocos ingenieros pertenecen a asociaciones profesionales y - por lo menos en Antioquia - las asociaciones de ingenieros son débiles y atomizadas. Muy pocos ingenieros tienen licencia profesional y poquísimos han seguido estudios formales de posgrado. Hay insuficiencia de ingenieros interesados en política. Sólo una pequeña fracción de nuestros ingenieros ha obtenido una formación civilizada en artes liberales.[6]

El ingeniero mismo pues es, en general, una persona de miras limitadas y dadas las características de nuestras empresas, la principal manera - si no la única - de progresar en

una organización es llegando a la administración, tal vez por ello los posgrados que más demanda han tenido, por parte de los ingenieros, son los de tipo gerencial y administrativo.

Sin embargo, el ingeniero colombiano como tal es competitivo y su calidad profesional se reconoce mundialmente en los ambientes de trabajo.[7]

## LA UNIVERSIDAD

Las universidades, en su mayoría, creen que la industria es su cliente y se pliegan a sus necesidades, es decir comparten su responsabilidad de la subprofesionalización de los ingenieros jóvenes. Es hora de que las universidades reconozcan que sus clientes no son las empresas sino los estudiantes.

Pero aunque las universidades sean conscientes y deseen sinceramente ver a sus ingenieros de una manera amplia, están muy mal equipadas estructuralmente para acometer esa tarea. Casi todo en las universidades está contra cualquier propósito interdisciplinario. Hay problemas de este tipo tanto en las grandes como en las pequeñas universidades, aunque su naturaleza sea diferente. Por su parte los profesores de ingeniería de todo tipo de universidades, tienden a ser menos que entusiastas sobre el curriculum no técnico. Después de todo ellos son fruto del mismo sistema.

La investigación no es central en la formación de la mayoría de los ingenieros, sólo unos pocos y en unas cuantas universidades, tienen posibilidad de interactuar con Grupos serios de investigación o con líderes de investigación en ingeniería. La realidad actual es que, gracias a la permisividad de la ley 30, surgen facultades de ingeniería como por arte de magia, sin profesores idóneos, sin adecuación curricular, sin dotación y mucho menos con posibilidades de tener alguna componente investigativa. El resultado es que los ingenieros practicantes no saben plantear un proyecto de investigación y la innovación es empírica la mayoría de las veces.

Otra consecuencia de la dudosa calidad de algunas facultades es que sus egresados procuran "lavar" su diploma obteniendo títulos de posgrado en universidades reconocidas, obviamente que mientras más fáciles sean de lograr - como es el caso de los *diplomados*- mayor es la demanda.

## LA SOCIEDAD

Parece que la mayoría de las empresas quieren que sus ingenieros sean técnicos poco excepcionales, que puedan realizar sus trabajos subprofesionales sin mucho problema. De hecho la gran mayoría de los ingenieros en las empresas llevan a cabo trabajos rutinarios o de supervisión, para los cuales están sobre diseñados. Aunque los líderes industriales pregonan la necesidad de un ingeniero altamente educado, hacen muy poco para apoyar y hacer posible tal cosa. Es más, en secreto son hostiles a tal idea porque al fin y al cabo lo que les interesa es la producción y mientras más cuestionador sea el ingeniero existen más posibilidades futuras para la empresa, pero el presente se puede resentir un poco, y eso no lo permite la visión cortoplacista de la gran mayoría de los empresarios. Un estudio ha mostrado que los ingenieros posgraduados son más objetivos, con mayores necesidades de

autonomía e independencia, menos aguantadores pero con mayores necesidades de logro, más agresivos y dominantes [8].

El hecho es que cada año la empresa contrata miles de ingenieros con escasamente su grado, quienes no tienen ni conocimientos ni interés en la cultura general, la mayoría de los cuales no tienen intención de estudiar más, de unirse a asociaciones o llegar a ser nada más que técnicos que se llaman a sí mismos profesionales.

De otro lado - y debido a su carácter dependiente y coyuntural- la mayoría de las empresas nuestras no tienen la cultura de la investigación, de ahí que los ingenieros con formación investigativa en aspectos tecnocientíficos - magísteres y doctores - sean muy escasos en las empresas, así que los ingenieros tienen poco aliciente para estudiar posgrados que no van a significar avance en las respectivas organizaciones. Esto se ve acentuado por el hecho de que el perfil de las empresas se va desplazando hacia los servicios, donde los sistemas, la administración y la gerencia sustituyen la vocación productiva, que es donde se hace necesaria la investigación de la ingeniería dura.

## **LOS POSGRADOS**

Establecidos los parámetros dentro de los cuales se dan los posgrados en ingeniería en Colombia es necesario entrar a analizarlos.

El ingeniero practicante necesita reingeniería, aunque la obsolescencia profesional sólo se acepta en los demás, pero él está sujeto a comparación, especialmente con los grupos jóvenes de ingenieros recién egresados que llegan cada año a la práctica profesional con mejores armas tecnológicas y nuevos bríos. [9]

La tecnología cambiante, el ansia de saber, la necesidad de "lavar" o remediar diplomas y los deseos de ascender en la escala empresarial son los principales estímulos para la educación continuada y los posgrados.

Cuando la educación continuada - o extensión - se aureola con seudotítulos, como es el caso de los diplomados, se vuelve especialmente atractiva para cierto sector de profesionales coleccionista de "cartones". De ahí el éxito que han tenido los diplomados de toda laya.

De otro lado la educación formal de posgrado en ingeniería es menos atractiva en los niveles avanzados, hay muy pocos ingenieros doctores. La mayoría de los magísteres están en las universidades y en la actualidad las especializaciones, que vienen a ser una colección de cursos remediales del pregrado, son las que acaparan la atención de los ingenieros que quieren continuar estudios.

Hace mucho tiempo los posgrados que se ofrecían a los ingenieros eran en el área de la administración y la economía. De acuerdo con el doctor Darío Valencia, los primeros posgrados colombianos en ingeniería, se iniciaron en la Universidad Nacional de Bogotá en 1966. Las áreas eran sanitaria, estructuras, transportes y sistemas y para establecerlos se contó con la asesoría de las Naciones Unidas [10]. Entre 1966 y 1975 la misma Facultad

abrió otros posgrados en recursos hidráulicos, potencia eléctrica, geotecnia e ingeniería ambiental y completó así ocho programas.

Antes de 1970 se abrieron otros posgrados pioneros. La Universidad Industrial de Santander en ingeniería química (1968), la Universidad del Valle en ingeniería industrial y de sistemas y la Universidad del Cauca en vías de comunicación (1969). Entre 1968 y 1977 la Universidad de los Andes creó seis programas de posgrado incluyendo magisteres en Ingeniería Mecánica, Industrial, Civil, Eléctrica y de Sistemas y Comunicaciones.

Un estudio del ICFES mostró que en 1983 había 20 programas de posgrado en ingeniería, de los cuales 16 estaban en universidades públicas y 4 en privadas.

En la década de 1980 cambió el panorama y surgieron programas de posgrado en todo el país.

En 1984 se revitalizó un programa del ICFES con el apoyo del BID para vigorizar y replantear la ingeniería de posgrado. Los posgrados que recibieron apoyo o se crearon fueron: Ciencia y técnica del carbón, Ingeniería química, tránsito y transportes, Aprovechamiento de recursos hidráulicos, Sistemas de generación eléctrica, Potencia eléctrica, Materiales y procesos de manufactura, Electrónica y telecomunicaciones, Ingeniería ambiental e Informática.

A partir de este programa y de otras necesidades y fortalezas se han creado muchos posgrados en Colombia. Sin embargo todavía se pueden hacer algunas anotaciones sobre ellos.

En buena medida los posgrados no han profundizado lo suficiente en la investigación. Primero porque las especializaciones son de carácter profesionalizante y segundo porque no es fácil tener una masa crítica de estudiantes graduados que puedan dedicarse de tiempo completo al posgrado. Por ello las especializaciones de "viernes culturales y sábados felices" están a la orden del día.

Una muestra de lo anterior es que en el país no pasan de tres los programas que se ofrecen al nivel de doctorado en ingeniería, aunque se están gestando propuestas interesantes.

## **INGENIERÍA DE POSGRADO EN LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

La Facultad de ingeniería de la Universidad de Antioquia empezó como Escuela de Ciencias Químicas en 1942 que luego se transformó en Escuela de Ingeniería Química. En 1968 se crearon los programas de Ingeniería Metalúrgica, Industrial, Mecánica, Sanitaria, Eléctrica y Electrónica. En 1975 se abrió Ingeniería de Sistemas y en 1995 Ingeniería de Materiales. En la actualidad la Facultad cuenta con unos 3500 estudiantes de pregrado y 500 de posgrado. [12]

A la raíz del mencionado programa ICFES - BID, debería abrirse en la universidad una maestría en ingeniería eléctrica, pues la región así lo ameritaba. Sin embargo, por razones políticas, este posgrado se fue a otro departamento y a la Universidad de Antioquia se le asignó la Maestría en Ingeniería Ambiental. De modo pues que el primer posgrado de esta Facultad llegó como caído del cielo, aunque es verdad que había alguna tradición con del departamento de Ingeniería Sanitaria y el Centro de Investigaciones Ambientales. Con los fondos del BID se creó esta maestría en 1987, que tuvo algunas dificultades por la inexperiencia y por el desconocimiento de los estudiantes de las diferentes modalidades del posgrado. Muchos estudiantes de tiempo parcial se matriculaban en la maestría cuando en el fondo deseaban actualizar conocimientos y ello podría lograrlo con una especialización o con programas de extensión. Por esta razón se reorientó el posgrado de modo que los estudiantes de entrada se unieran a un grupo de investigación, dentro del cual realizaría su trabajo. Además se abrió una especialización en Gestión Ambiental a fin de responder a las necesidades de quienes no tienen vocación investigativa sino profesionalizante. En la actualidad esta maestría tiene un buen nivel investigativo.

Para atender las demandas del sector, planteadas dentro de los parámetros señalados antes, se abrió en la Facultad, en 1991, una especialización en Finanzas, Preparación y Evaluación de Proyectos y en 1992 otra en Alta Gerencia con Énfasis en Calidad. Por las razones ya señaladas estas especializaciones han tenido gran acogida e incluso se ofrecen también en Manizales en convenio con la Universidad Nacional.

En 1994 se creó el posgrado marco en Ciencias Electrónicas e Informática dentro del cual se ofrecieron las áreas de Telemática, Automatización Industrial y Bases de Datos. Son especializaciones donde las monografías tienen alguna componente de investigación aplicada. Para dar apoyo académico a estos programas se suscribió un convenio con la Universidad Central de las Villas de modo que continuamente se tienen profesores visitantes de esta institución. Sin embargo, la demanda es baja, pues se trata de posgrados eminentemente técnicos, lo cual demuestra las observaciones hechas al respecto.

Además, en acuerdo con la Universidad EAFIT y la Universidad Politécnica de Valencia se abrió un programa de Doctorado en Telecomunicaciones en el cual participan profesores que son soporte de las especializaciones mencionadas. En este caso el título lo otorga la UPV.

Las Facultades de Ciencias Exactas (con su departamento de química), de Química Farmacéutica y la de Ingeniería (con sus departamentos de ingeniería química y de ingeniería metalúrgica) crearon una maestría conjunta en Ciencias Químicas y en esta misma línea se abrió en 1997 el Doctorado en Ciencias Químicas.

Así mismo entre 1995 y 1997 se abrieron las especializaciones de Ingeniería Administrativa Hospitalaria, Gerencia de Mantenimiento y Logística Integral.

De esta manera en la actualidad la Facultad cuenta con nueve programas de especialización. Tiene un programa de Maestría en Ingeniería Ambiental, participa en la maestría en Ciencias Químicas, en el Doctorado en Ciencias Químicas y en el Doctorado en Telecomunicaciones. [10] Las solicitudes y posibilidades de los diferentes posgrados,

son muy distintas y el problema de financiación de las maestrías y doctorados sigue siendo un problema central.

A pesar de lo logrado la Facultad necesita avanzar muchísimo en posgrados con **componente investigativa y por ello hay al menos tres proyectos en marcha.**

De un lado se piensa que la Especialización en Ingeniería de Mantenimiento en conjunción con otras fortalezas de la Facultad y del medio, debe avanzar hacia una Maestría en Ingeniería de Fábricas. De otro lado, el departamento de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales, en alianza con el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional avanza en la formulación de la propuesta de una Maestría en Materiales y Procesos la cual está prácticamente lista para ser sometida a las instancias respectivas.

Sin embargo, quizá el proyecto más interesante en que participa la Universidad, sea la creación de un Doctorado en Ingeniería para Antioquia. Esta idea empezó a concretarse con las propuestas del doctor Sergio Fajardo, quien se desempeñó como Asesor para Ciencia y Tecnología en Antioquia. Éstas fueron acogidas por PROANTIOQUIA, una entidad cívica de los empresarios de este departamento, y se llamó al doctor Darío Valencia Restrepo para que coordinara dicho proyecto.

Inicialmente el coordinador hizo una presentación de la idea a las universidades, a los empresarios y a todas las entidades interesadas. Luego realizó una encuesta sobre las temáticas que interesaban al medio y sobre las que hubiera alguna experiencia. Así se identificaron las líneas de interés. En la actualidad se conocen las necesidades del medio, especialmente de la industria, y así mismo se tienen las fortalezas en las universidades como, posgrados, centros y grupos que pueden responder académica e investigativamente a las necesidades. El paso siguiente es encontrar la manera como las universidades se asociarán para este proyecto.

Para responder a esto la Facultad cuenta con sus recursos físicos y humanos, sus Centros y Grupos de Investigación. En la parte del talento humano hay limitaciones pues sólo se cuenta con seis doctores en la Facultad, pero hay dieciséis doctores en formación que en menos de dos años estarán respaldando estas iniciativas.

## CONCLUSION

En realidad los posgrados con componente investigativa son limitados en el país. Las maestrías de este tipo son pocas y para poderlas vigilar de cerca hubo que incorporarlas a la Comisión Nacional de Doctorados (que ahora es de Maestrías y Doctorados). Los Doctorados en Ingeniería apenas empiezan, Por ejemplo en la Universidad de Antioquia hay seis doctorados y a pesar de que la Facultad de Ingeniería es la mayor, no tiene ninguno.

Para remediar lo anterior la Universidad y la Facultad han desarrollado una amplia estrategia para fomentar la investigación. Se ha procurado formar, contratar y atraer doctores, se exige título de posgrado a los nuevos profesores que se incorporan y se han consolidado alianzas, con otras facultades, con otras universidades de la región y con otros

países. Tal vez la alianza con las universidades Nacional, Pontificia Bolivariana y EAFIT para crear el doctorado en ingeniería centrado en problemas de Antioquia, sea una de las más claras, por la participación de los empresarios y de otras organizaciones, lo que permitirá superar muchas carencias que fueron problema para otros posgrados.

## REFERENCIAS

- [1] Shelton, K., Richard et al, *Engineering in history*, Dover, New York, 1993, p. 2.
- [2] Sarton, George, *The history of science and new humanism*, Harvard University Press, Cambridge, 1937, p. 52.
- [3] Poveda R., Gabriel, *Ingeniería e historia de las técnicas*, vol. I, Colciencias, Bogotá, 1993, p. 13.
- [4] Valencia, Asdrúbal, "La ciencia y el arte de la ingeniería", *Revista Facultad de Ingeniería U. de A.*, No 14, Agosto 1997, p. 95.
- [5] ACOFI, *Programas de Ingeniería en Colombia*, Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, Bogotá, 1998.
- [6] Valencia, Asdrúbal, "Otra dimensión de la ingeniería", *Informetal*, No 9, Abril 1983, p. 1.
- [7] "Nuevo perfil, ingenieros técnicos, con visión gerencial", *Revista Clase Empresarial*, Mayo 1996, p. 20.
- [8] Scissons, Edward H., "Profiles of Ability: the Engineer Revisited", *Engineering Education*, December 1984, p. 165.
- [9] Jaramillo, Germán, "El ingeniero, las especializaciones y la educación continuada", *Anales de ingeniería*, vol 84, No 789, Enero 1976, p. 33.
- [11] Valencia, Dario, "Anotaciones sobre la ingeniería de posgrado en Colombia", *Dyna, Revista de la Facultad Nacional de Minas*, no 105, Mayo 1985, p. 31.
- [12] U de A, *Facultad de Ingeniería. Portafolio de Presentación*, Universidad de Antioquia, Medellín, 1997.

# LA GESTIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN LOS PROGRAMAS DE POSGRADO EN INGENIERÍA

Carlos Enrique Arroyave Posada

Grupo de Corrosión y Protección, Departamento de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, A.A. 1226, tel. 210 55 45, fax. 211 90 28, e-mail: carroyav@udea.edu.co

## RESUMEN

La educación ingenieril en Colombia ha estado orientada a fortalecer la capacidad de aplicación de conocimientos, haciendo de lado los aspectos relacionados con su generación. Como resultado, las personas que ingresan a los posgrados presentan deficiencias en el manejo de los diferentes aspectos de la ciencia y la tecnología. Esta situación hace necesaria la implementación de acciones que le brinden a los futuros investigadores, los elementos de partida necesarios para una adecuada formación.

Como respuesta, se ha estructurado la asignatura que se presenta en esta ponencia, cuyo contenido incluye consideraciones conceptuales y una significativa componente práctica, relacionadas con el quehacer científico y que pretenden “enseñar haciendo”. El seguimiento del trabajo realizado por quienes la han cursado, frente a aquellos que no han tenido la oportunidad, permite concluir que se ha marcado una significativa diferencia y que se justificaría incluirla en los diferentes posgrados en ingeniería en el país.

## 1. INTRODUCCIÓN

Parece ser que poco a poco Colombia se va dando cuenta de que la sociedad globalizada del conocimiento es prácticamente una realidad y que los pueblos que no estén adecuadamente preparados para poderla explotar como una forma efectiva de producción, deberán sufrir relaciones de dominación muy superiores a las que ha impuesto el capital.

Como consecuencia, se ha dado inicio a un tímido proceso de transformación de estructuras, a los más diversos niveles, incluidos los mentales, conducentes a la integración de la ciencia y la tecnología como factores esenciales en el desarrollo futuro del país y en su posicionamiento dentro del contexto internacional.

Reflejo de esta perspectiva, se vislumbra la llegada de la reforma en la educación superior, incluyendo el establecimiento de un verdadero plan de formación de investigadores, principalmente a través de programas de maestría y doctorado, habiéndose recomendado la especialización de un grupo cercano a las 20.000 personas con estas calidades, para mediados de la próxima década.<sup>1</sup>

En el caso de las ingenierías, la respuesta de las universidades nacionales ha sido más lenta que en otras áreas, de manera que en la actualidad son muy pocos los programas de posgrado de carácter investigativo que se ofrecen. Por fortuna, el interés viene creciendo, de manera que entidades como PROANTIOQUIA y el Centro de Ciencia y Tecnología del Departamento de Antioquia, han lanzado la idea y vienen promocionando el establecimiento de un **Doctorado en Ingeniería en Antioquia**.<sup>2</sup>

En éste, como en otros aspectos de la actividad científico - tecnológica, es obvio que se necesita considerar ciertas particularidades en la implementación de las acciones, que consulten la realidad nacional y conduzcan al logro de objetivos de talla internacional. En este contexto se enmarca, de un lado, la formación de los ingenieros colombianos, tradicionalmente orientada a la enseñanza del manejo de conocimientos, sin ninguna consideración acerca de la generación de los mismos. De otra parte, está la necesidad de generar en el estudiante que se inicia en un programa de maestría o de doctorado, una actitud abierta a la creación, acompañada de los elementos mínimos necesarios para la interacción efectiva con el entorno.

La experiencia lograda a lo largo de varios años, ha permitido estructurar un curso que pretende satisfacer esta necesidad, a través del cual se revisan diversos conceptos relacionados con las actividades científicas y tecnológicas, y se ejercita al alumno en actividades fundamentales en el desarrollo de su labor investigativa, que incluyen la generación de ideas, el análisis crítico, la búsqueda y síntesis de información, la elaboración y defensa de informes orales y escritos, etc..

Con el presente trabajo se quiere poner en consideración la asignatura diseñada, como una eventual materia de interés general para los diversos programas de posgrado en ingeniería en el país.

## 2. CONDUCTAS DE ENTRADA

Siguiendo la metodología convencional de planeación de los cursos, es importante considerar los rasgos generales presentados por los ingenieros que ingresan a un programa de posgrado.

Por ello es necesario tener en cuenta que al sistema educativo tradicional se le atribuye, y con bastante razón, el paradójico efecto de cercenar la creatividad y debilitar las bases cognitivas del pensamiento.<sup>3</sup> Como consecuencia, la persona se enfrenta a serias dificultades para plantear ideas,

y cuando lo logra, muchísimas veces son sólo intuiciones, no articuladas a un sistema general de pensamiento.

Por otro lado, también es claro que la práctica científica está apenas encontrando su lugar en el país, por lo que es muy poca la investigación que se hace, el número de investigadores es muy bajo y, obviamente, la tradición investigativa es casi nula.<sup>4</sup> En otras palabras, la irrigación de la cultura de la ciencia y la tecnología es bastante ardua y la permeación de la sociedad es casi una utopía.

Producto de lo anterior, el egresado de ingeniería, a pesar de que se sienta atraído por la curiosidad investigativa, difícilmente sabrá que al escoger la carrera de investigador científico, se está comprometiendo con algo que es más que una profesión, que es un proyecto de vida bastante particular y exigente.

La respuesta a estas falencias no va a ser nunca el mero entrenamiento en las prácticas de laboratorio, de obtención y de manipulación de la información. Quedarse en este nivel, es algo así como formar “empíricos de la investigación científica”. Es necesario, además, romper los esquemas erróneos establecidos por el mismo sistema educativo y subsanar, al menos en parte, la ausencia de la cultura de la ciencia y la tecnología, que se da a todo lo largo del proceso educativo. Con esta finalidad, se presenta la propuesta de curso que se incluye a continuación.

### 3. LA ASIGNATURA

Objetivo común a los programas de maestría es la formación de investigadores. En el caso del doctorado, el cometido se amplía, buscando integrar la componente de liderazgo.

Para aclararlo mejor, es útil recurrir a una definición ampliamente aceptada sobre lo que es un investigador: **Profesional que trabaja en la concepción o creación de nuevos conocimientos, productos, procesos, métodos y sistemas y en la gestión de los respectivos proyectos.**<sup>5</sup>

Ante tamaña responsabilidad y con las barreras ya mencionadas, se justifica plenamente recibir a los nuevos estudiantes de los programas de posgrado en ingeniería, con un curso que les permita incorporar, como investigadores en formación, las técnicas y prácticas que eliminen sus bloqueos mentales, propicien su creatividad y les suministren herramientas para llevar a cabo su primera gran tarea investigativa, cual es la de ejecutar completamente, y de manera exitosa, su tesis o trabajo para alcanzar el título.

Con este objetivo en mente, se ha estructurado una asignatura en dos niveles, uno conceptual, en el que se analizan diversos aspectos de la ciencia y de la investigación, y otro práctico, en el que se inicia el desarrollo de las habilidades requeridas en los procesos de generación del conocimiento científico. El éxito hasta ahora obtenido, refrendado por una experiencia semejante en otras latitudes,<sup>6</sup> ha sido la principal motivación para compartir la experiencia y lanzar la propuesta.

De forma teórica, se hace una breve aproximación a lo que es el conocimiento como objeto último de la actividad investigativa, se analizan algunas de las ideas filosóficas al respecto, a lo largo de la

historia, se revisan los conceptos básicos relacionados con la ciencia, la técnica, la tecnología, el método científico y la investigación en sus diversas facetas. De manera complementaria, se tratan diversos aspectos científicos y no científicos, de la actividad científica, incluyendo el carácter colectivo de ésta, sus códigos éticos, su magnitud en la institución, en la región, en el país y en el exterior, fuentes de financiación, estímulos, relaciones intersectoriales, propiedad intelectual, actividades de normalización, etc.

De forma práctica, son enfrentados los asuntos relacionados con el proceso de la investigación científica, procurando enseñar de manera explícita cómo se elabora una propuesta y cómo se negocia. Incluye la generación y articulación de ideas y conocimientos, la documentación al respecto, la definición de los problemas, la fijación de los límites, el planteamiento de la hipótesis y de los objetivos, la medición de su importancia, la valoración experimental, la cuantificación de los recursos a necesitar y la comunicación de los resultados.

El curso está programado para quince semanas de trabajo, con una reunión semanal de tres horas y una labor adicional, individual, de diez horas. Su metodología es la de un seminario taller, compuesto por presentaciones magistrales, lectura de documentos y preparación de reseñas, exposiciones formales e informales en clase, definición de problemas, discusiones en grupo, y elaboración completa y defensa de una propuesta.

Se entrega una bibliografía básica, con texto clásicos sobre los temas centrales y otro listado complementario, sobre los aspectos particulares a considerar.

#### **4. RESULTADOS**

La evaluación final, hecha por los alumnos, en la misma tónica de la discusión en clase, ha sido bastante favorable. Las propuestas, como resultado máximo del trabajo, en general han logrado ser bien vendidas en diferentes instancias dentro y fuera de la Universidad.

Durante el poco tiempo que se ha tenido para observar el desempeño de los alumnos en el desarrollo de sus investigaciones y en la presentación de sus resultados, se ha visto una calidad usualmente mayor a la de aquellos estudiantes que, por diversos motivos, no han realizado el curso.

Por otro lado, el profesor del curso y todos aquellos otros relacionados como tutores de cada uno de los estudiantes, se han visto forzados a profundizar en diversos aspectos y a fortalecer facetas de su desempeño investigativo, que no eran frecuentes en la labor diaria. Se espera que esto también redunde en un elevamiento general del nivel de los programas de posgrado.

#### **REFERENCIAS**

1. E. Aldana *et al.* **Colombia: al filo de la Oportunidad.** Tomo I. Tercer Mundo Editores, Santa Fe de Bogotá, 1996. p.216.

2. S. Fajardo. **Hacia un doctorado en ingeniería.** Literario Dominical El Colombiano, Medellín, junio 15, 1997. pp. 8-9.
3. G. Castaño. **Investigación científica y universidad en América Latina.** Memorias Seminario Calidad, Eficiencia y Equidad de la Educación Superior Colombiana. ICFES, Bogotá, 1986.
4. H. Moore (Ed.). **World Science Report 1996.** UNESCO Publishing, París, 1996.
5. OCDE. **Manual de Frascati.** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, Madrid, 1993.
6. L.L. Miller. *J. Chem. Ed.* 73, 334. 1996.

# SISTEMA DE AUTOEVALUACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE POSGRADOS EN LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

*Alain Gauthier*  
*Director de Posgrados de la Facultad de Ingeniería*  
*Universidad de Los Andes*

**Resumen:** Este trabajo presenta la estructura general de los posgrados de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes, las principales preocupaciones actuales y el proceso de autoevaluación que se diseñó.

Se presenta inicialmente la organización académica y administrativa de los programas de posgrados de la Facultad de Ingeniería. Estos programas incluyen los programas de Especializaciones, de Magíster y de Doctorado, para un total de más de 1.000 estudiantes de posgrado actualmente. A continuación se presentan los factores que llevaron a la elaboración de un programa de aseguramiento de calidad. Finalmente se hace una breve descripción del sistema de autoevaluación que se implementó.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Universidad de Los Andes está cumpliendo 50 años de existencia. Inicialmente se cursaba cinco semestres de los programas de pregrado en Colombia y cinco en una universidad de Estados Unidos. En los años sesenta se implementó la realización completa de los estudios de pregrado en Colombia. A principio de la década de los ochenta se estabilizaron los programas de Magíster y de Especialización en la Facultad de Ingeniería. En este año de 1998 se aprobó finalmente la creación del programa de Doctorado en Ingeniería.

Esta historia, marcada de una serie de "actos de fe", muestra la evolución de la Facultad de Ingeniería. La Institución está convencida de la necesidad de consolidar una Escuela de Posgrados, con criterios de excelencia de nivel internacional y basada en la investigación.

## 2. ESTRUCTURA GENERAL DE LOS PROGRAMAS DE POSGRADOS

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes se divide en Escuela de Pregrado y Escuela de Posgrado. El pregrado está compuesto por siete programas: Ingeniería Eléctrica, Electrónica, de Sistemas, Industrial, Civil, Mecánica y Química, con un total actualmente del orden de 4.000 estudiantes.

La Escuela de Posgrados está compuesta de tres tipos de programas: Doctorado, Magíster y Especialización. Esta coordinada por un Director de Posgrados, y tres Comités tratan los aspectos

academico-administrativo de los programas. Los comités de Magíster y Especialización están conformados con los coordinadores de los programas, el Comité de Doctorado con profesores de la Facultad, nombrados por el Decano. Adicionalmente a estos Comités de Facultad, existe un Comité Académico de cada programa (coordinador, representación de profesores y estudiantes). La coordinación con la administración central de la universidad se realiza a través de la participación del Director de Posgrados de la Facultad en un Comité de Posgrados de la Universidad conformado por el Vice Rector Académico y cuatro miembros.

Actualmente la Facultad tiene doce programas de Especialización, para un total de 450 estudiantes aproximadamente. Las especializaciones tienen una vocación de servicio a las empresas, las formaciones son muy especializadas y dirigidas a las necesidades de actualización y profundización del personal del sector externo. Los estudiantes son profesionales con varios años de experiencia. La duración de los estudios es de un año. La existencia de los programas esta fuertemente ligada al mercado. Ellas responden a necesidades de formación de las empresas y permiten a la vez un acercamiento entre la Universidad y el sector externo.

El Magíster tiene seis programas: Ingeniería Eléctrica, Civil, Mecánica, de Sistemas, Industrial e Electrónica y de Computadores. Estos programas están basados en la investigación, tienen una duración de dos años. El perfil de los estudiantes corresponde mas a estudiantes recién egresados o con pocos años de experiencia, la formación teórica es muy sólida. Su existencia no depende tanto de las exigencias a corto plazo del mercado. Actualmente los programas de Magíster tienen aproximadamente 650 estudiantes.

El recién creado programa de Doctorado en Ingeniería es el resultado normal del proceso de consolidación de los programas de Magíster. Es el último nivel de formación, basado en el desarrollo de una investigación de frontera. Sé esta realizando en cooperación con Universidad de reconocido prestigio internacional. No es masivo, actualmente tiene dos estudiantes, pero se prevé una población del orden de 15 a 20 estudiantes en el futuro. Responde a las necesidades de formar al mas alto nivel los investigadores del país.

Los programas de posgrados son una componente esencial de la Facultad: 25% de los estudiantes pertenecen a programas de posgrados. Responden a una evolución natural de la Universidad y a una necesidad del país.

### 3. DIFICULTADES

Varios factores llevaron la Facultad a la puesta en funcionamiento de un sistema de aseguramiento de calidad. Estos factores se describen a continuación.

- Fuerte crecimiento: En los años noventa, el numero de estudiantes de posgrado creció muy rápidamente: Del orden de 200 en 1990 a mas de 1.000 actualmente. Esto conduce naturalmente a la necesidad de tener mecanismos de evaluación mucho más estrictos.
- Necesidad de una evaluación objetiva de la calidad: Tanto para la misma institución, como para información externa (candidatos, sociedad), necesitábamos un sistema de evaluación y seguimiento objetivo de la calidad de los programas. En particular había que poner en funcionamiento un proceso mucho más sistemático de seguimiento de los egresados.

- Preocupación por la pertinencia de los programas: La sociedad exige al sistema universitario una mayor contribución al desarrollo nacional. Es necesario una reflexión crítica al respecto. En particular en el caso de los programas de Magíster, pasamos de un sistema de Magíster en Ciencias, muy orientado así a la formación en investigación básica de Ingeniería, como primer paso a estudios doctorales, a un sistema mixto, con preferencia en un Magíster en Ingeniería, y con preocupación en investigación mucho más aplicada y cercana a los problemas de la industria. El programa Universidad Empresa (selección de los mejores estudiantes de pregrado del país y financiación por la empresa) y los convenios empresariales (financiación de investigación, de estudiantes de Magíster, programas de especialización para empresas) son un paso importante en esta dirección.
- Informalidad de los procesos administrativos: El aumento de la población estudiantil genero dificultades en el manejo de los procesos administrativos: admisión, registro, matrícula, etc. y en la coordinación con la administración central. Varias soluciones se están implementando: normalización de los procesos administrativos, mecanismos de admisión únicos para todos los programas, consolidación de las bases de datos de los diferentes programas, etc. En el caso de los programas de Especialización se definieron fechas precisas de arranque de los programas, se limito la dispersión en cuanto a costos y duración.
- Necesidad de la Acreditación: Tomando en cuenta la explosión de los programas en el país, y la internacionalización de la formación superior, la Universidad de Los Andes esta convencida de la necesidad de acreditación de sus programas, tanto en el ámbito nacional (Consejo Nacional de Acreditación, ACOFI), como en el ámbito internacional (experiencia de Uniandes con ABET y con SACS). Los programas de Posgrados son parte de estos procesos de acreditación. De hecho ya hubo evaluación de los programas de Magíster por la SACS en 1998.

#### 4. SISTEMA DE AUTOEVALUACION DE LOS PROGRAMAS DE POSGRADOS

El sistema de aseguramiento de calidad esta compuesto de varios aspectos: formalización de los procesos administrativos, evaluación externa, autoevaluación... A continuación describimos el sistema de autoevaluación permanente que adopto la Facultad de Ingeniería para sus programas de Posgrados.

El concepto de calidad en educación superior no es fácil de aprehender y puede dársele diferentes significados, dependiendo del punto de vista del observador. Mucho se ha escrito acerca de este tema (ver referencias). La idea fundamental de la Facultad fue de procurar un sistema sencillo, práctico, flexible, que sirva de base para realizar autoevaluaciones frecuentes (anual). Se quiere propiciar el auto-examen permanente de los programas de posgrados y generar una dinámica de autoevaluación y de correcciones en los programas de Posgrados.

##### 4.1 Consideraciones Generales

La autoevaluación no es simplemente la descripción de la realidad presente, sino un ejercicio de reflexión para obtener una visión de las fortalezas y debilidades, y sobretodo para hacer explícitas las acciones pertinentes que conduzcan al mejoramiento de la situación actual.

La autoevaluación debe tener las siguientes características:

- Ser lo suficientemente sencilla, para que se pueda realizar fácilmente y de una manera ágil.
- Realizar una elaboración previa de los indicadores necesarios (encuestas, estadísticas, etc.)
- Hacer una reflexión con base en indicadores establecidos previamente.
- Llevar a cabo la Autoevaluación regularmente (cada año, cada promoción)
- Tener una duración no mayor a un día. Esta realizada por el Comité Académico del programa respectivo, quien entrega un informe conciso.

#### 4.2 Que Evaluar?

Los aspectos que se consideran están descritos a continuación con los indicadores respectivos.

ASPECTOS	INDICADORES
<b>I. MOTIVACION Y METAS (1)</b>	
A. MOTIVACION Espacio para la investigación. Preparación para estudios de Doctorado. Formación Docente. Demanda. Profundización de conocimientos.	Función del Comité de Autoevaluación
B. METAS	
<b>METAS PRIMARIAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacitación en la utilización de herramientas y métodos modernos de análisis en Ingeniería.</li> </ul>	No. Publicaciones/año (estudiantes y profesores). No. Tesis/año. No. Proyectos de investigación/año. No. Asistentes graduados investigación/año. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Encuestas a estudiantes y egresados.</li> </ul>
<b>METAS SECUNDARIAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo en equipo</li> <li>• Habilidades Docentes.</li> <li>• Preparación para Doctorado.</li> <li>• Liderazgo en proyectos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encuestas a egresados.</li> <li>• % estudiantes que se enganchan como docentes.</li> <li>• % estudiantes que van a un Programa de Doctorado.</li> <li>• Encuestas a egresados.</li> </ul>
<b>II. PROCESO DE ADMISION</b>	
Disponibilidad de cupos/área. Resultados del examen de admisión Promedio de pregrado. Programa de la Universidad de pregrado. Otros cursos de posgrado estudiados Experiencia profesional Distinciones	SI - NO SI - NO SI - NO SI - NO SI - NO SI - NO SI - NO
<b>OTROS INDICADORES</b>	Capacidad del programa (estimación de cupos). No. de admitidos. No. de solicitudes. No. de matriculados. No. de suspendidos. No. de retirados

<b>III. PLANTA PROFESORAL</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cada programa llenará una tabla que contiene los siguientes indicadores:</li> </ul>	% Profesores con Ph.D. % Profesores de planta. Número de Tesis culminadas/año. Número de cursos dictados/profesor. Número estudiantes/curso. Promedio evaluación del profesor por parte de los estudiantes. Número de estudiantes asesorados en Tesis por profesor. No. Publicaciones/profesor. % de profesores del Departamento, dedicados al Magíster # prof. Magíster/# prof. Departamento. Encuestas a profesores.
<b>IV. CURRICULUM</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidades de Investigación Cantidad de Investigación Fomento de la investigación</li> </ul>	No. Publicaciones/área Pregunta para calificar de 1-5
<ul style="list-style-type: none"> <li>Calidad de los cursos.</li> </ul>	Nota promedio evaluación cursos por los estudiantes/área. % cursos dictados por profesores de planta.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Estructura general</li> </ul>	% cursos básicos, electivos y de investigación. Los cursos fomentan la investigación? (Pregunta abierta).
<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluación áreas de investigación</li> </ul>	No. Cursos/área No. Graduados/área No. Profesores equivalentes/área.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Relación con el medio externo</li> </ul>	Pregunta abierta para indicar Qué se está haciendo?.
<b>V. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Organigrama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existe? SI-NO</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Descripción de Funciones.               <ul style="list-style-type: none"> <li>Coordinador de Magíster, Comité de Magíster Departamento, Comité Magíster Facultad, Comité Area.</li> <li>Planeación Académica.</li> <li>Planeación Administrativa.</li> <li>Asignación de Recursos</li> </ul> </li> </ul>	EXISTE? SI-NO  SI-NO SI-NO SI-NO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluación Administrativa. Ultima Evaluación de la Coordinación. Profesores. Estudiantes. Jefe del Departamento</li> </ul>	EXISTE?  SI-NO
<b>VI. RECURSOS FISICOS Y FINANCIEROS.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Recursos Físicos: Biblioteca. Equipos docentes. Recursos computacionales. Laboratorios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relación entre inversiones proyectadas y ejecutadas. Discriminación por tipo de inversión (libros, software, equipos docentes, etc.)</li> </ul>
Recursos Financieros: Costos del programa (por área de Especialización). Ingresos. Inversiones. Necesidades.	Relación entre inversiones proyectadas y ejecutadas. Discriminación por rubro.
<b>VII. EVALUACION EXTERNA DE LOS PROGRAMAS.</b>	
Definir redundancias y complementariedades del programa con otros programas de la Facultad y de otras Facultades.	Función de los Comités de Magíster y Especialización de la Facultad

Los indicadores se obtienen a través de datos estadísticos (elaboración de un cierto número de tablas), de encuestas a estudiantes, profesores y egresados. El formato de estas tablas y encuestas está completamente definido.

#### **4.3 El informe y el Comité de Autoevaluación.**

El informe debe contener lo siguiente:

- Información básica del programa:
  - Nombre del programa y título que otorga.
  - Año de inicio y referencias de autorización de funcionamiento
  - Duración y jornada.
  - Número total de estudiantes matriculados.
  - Valor de los derechos por período académico.
  - Número de promociones y de graduados.
- Los conceptos y recomendaciones del Comité de Autoevaluación sobre el programa: Se cumplen los objetivos? Como se compara con programas externos. Los problemas y soluciones. Que está bien. Que se necesita.
- Eventualmente, recomendaciones y observaciones sobre el proceso de autoevaluación (procedimiento, aspectos, indicadores, etc.).
- Anexo de los indicadores utilizados.

El Comité está conformado por:

- Coordinador del programa.
- Dos profesores del programa (puede ser uno interno y otro externo).
- Otro Coordinador.
- Un egresado.
- Un empleador.

#### **5. CONCLUSIONES**

El sistema de aseguramiento de calidad descrito previamente, se implementó en la Facultad. Los trabajos de evaluación realizados para las visitas de ABET y de SACS fueron la base del sistema de autoevaluación propuesto.

Acciones concretas se dedujeron de estos trabajos, pero en este artículo nos parecía más útil mostrar un sistema de autoevaluación, aplicable a cualquier programa de posgrado, que describir las conclusiones particulares a nuestra Facultad.

#### **6. REFERENCIAS**

- 1- Plan nacional de evaluación de la calidad de las universidades. Guía de evaluación. ESPAÑA.
- 2- SACS - Criteria for accreditation. USA
- 3- Guía para la autoevaluación con fines de acreditación. CNA. Colombia.
- 4- Auto estudio institucional - programas de Magíster - Uniandes.
- 5- Demande d'habilitation du DEA. Francia

# MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

*Mauricio Sánchez-Silva Ph.D.  
Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes*

**Resumen:** La Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes se ha esforzado por desarrollar y mantener los programas de Magíster dentro de los niveles académicos internacionales. Este proceso ha incluido la revisión y actualización permanente del Currículum, la destinación de recursos para la adquisición de equipos de laboratorio y centros de computación, el mejoramiento de la calidad de vida de los profesores y la contratación de un gran número de profesores de planta con estudios Doctorales. Este artículo presentará una descripción general del programa de Magíster dentro de la Facultad de Ingeniería y discutirá las especificaciones mínimas requeridas para un programa de este tipo. Adicionalmente presentará las experiencias académicas y administrativas de la Facultad con respecto este programa.

## 1. INTRODUCCIÓN

La educación de posgrado puede dividirse en varias categorías: cursos de actualización, especializaciones y cursos de posgrado basados en investigación. Dentro del último grupo se encuentran los programas de Magíster y Doctorado. Los programas doctorales se encuentran aun en su etapa formativa y todavía existe un camino muy largo por recorrer antes de que su influencia en la capacitación de profesionales sea importante. Por el contrario, los programas de Magíster son la mayor y mejor fuente de capacitación de profesionales que existe actualmente en el país.

## 2. CLASIFICACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE MAGÍSTER

### 2.1 Tipos de magíster

Los programas de Magíster se pueden clasificar en tres categorías:



- Magíster en Ciencias (Msc., DEA)
- Magíster en Ingeniería (MEng.)
- Magíster basado en Investigación (MPhil)

La diferencia fundamental entre los tres son las características de la investigación que se realiza. Los Magísteres en Ciencias e Ingeniería exigen la aprobación de cursos de profundización además de la realización de un trabajo de investigación. El Magíster en Ciencias se diferencia del de Ingeniería en que el trabajo de investigación está dirigido a profundizar en un área fundamental. El trabajo de investigación del Magíster en Ingeniería, por su parte, se concentra en una aplicación práctica de los conocimientos. En algunas ocasiones el Magíster en Ingeniería, puede equivaler a los programas de especialización. El Magíster basado en Investigación no exige cursar ninguna materia, consiste únicamente en un trabajo de investigación. En este tipo de programas el estudiante trabaja durante un año con su asesor en un proyecto de investigación que usualmente puede continuar durante su estudio doctoral. En la Universidad de los Andes no existen programas de Magíster basados en Investigación únicamente.

Los programas de magíster de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de los Andes se pueden considerar, en algunos casos, como un Magíster en Ciencias y en otros como un Magíster en Ingeniería. La razón fundamental para ello es la variedad en los trabajos de investigación que se realizan. En algunas áreas es fundamental realizar investigación aplicada; por su naturaleza, otras áreas permiten una investigación en aspectos más fundamentales.

## **2.2 La investigación en el magíster**

La naturaleza de la investigación juega un papel muy relevante dentro de un programa de Magíster. Para ello es muy importante reconocer el estado tecnológico y la situación socioeconómica del país. Solo bajo estas condiciones se podrán definir con claridad temas y criterios de investigación apropiados. La realidad colombiana reclama el desarrollo de nuevas tecnologías que se ajusten a las condiciones locales de la industria y la sociedad.

Si la investigación es el centro de un proceso de desarrollo de un país, la Universidad debe adaptarse a esa realidad. Es claro que la investigación que realizamos en Colombia debe ser diferente a la que se realiza en otros países y especialmente en países desarrollados. La Facultad de Ingeniería ha buscado ese equilibrio. Como resultado de esto, un gran número de tesis de Magíster se realizan como complemento a proyectos e investigación realizados por la facultad para el sector externo. Adicionalmente, la Facultad se ha preocupado por no dejar de lado la investigación en áreas fundamentales que posteriormente pueden ser fuente de desarrollo. Trabajando conjuntamente en estos dos aspectos se logra el equilibrio necesario que se requiere en la universidad colombiana.

## **3. ESTRUCTURA ACADEMICA**

A pesar de que existen algunas diferencias entre los departamentos, a continuación se describe, en términos generales la organización y la estructura académica de los programas de Magíster de la Facultad.

### 3.1 Criterios de admisión y selección

Los aspirantes al programa de *Magíster en Ingeniería Civil* deben ser ingenieros o profesionales de otras disciplinas graduados en universidades de reconocido prestigio y con calificaciones o experiencia profesional que acrediten un nivel académico sobresaliente.

La selección de los estudiantes admitidos al programa la realiza el Comité de Magíster de cada Departamento con base en los siguientes criterios:

- Disponibilidad de cupos por área
- Resultado del examen de conocimientos generales
- Promedio académico del pregrado
- Características de los estudios de pregrado
- Experiencia laboral
- Tipo de programa al que aspira (Regular, Universidad Empresa)
- Tipo y características de otros estudios de posgrado
- Premios o distinciones especiales

La estructura de selección de los candidatos garantiza que no exista un único parámetro de selección, sino que se estudien las características del estudiante en forma integral. Este aspecto es fundamental porque el ingreso debe estar respaldado por una política de *igualdad de oportunidades*. En este momento el programa de Magíster cuenta con estudiantes que provienen de todas las regiones del país y con las mejores calificaciones. Parte de este éxito es resultado del programa Universidad-Empresa que se discute en otro artículo de esta conferencia.

### 3.2 Actividad académica

Cada Departamento cuenta con diferentes áreas de estudios. En la Tabla 1 se presentan cada una de las áreas principales por Departamento.

Departamento	Área de Investigación del Magíster
Ingeniería Civil y Ambiental	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ingeniería ambiental</li><li>• Ingeniería y gerencia de la construcción</li><li>• Ingeniería estructural</li><li>• Mecánica de suelos</li><li>• Recursos hídricos</li><li>• Transportes e infraestructura vial</li></ul>
Ingeniería Mecánica	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conversión de Energía</li><li>• Procesamiento de Polímeros</li><li>• Bioingeniería</li><li>• Mantenimiento y Control de Calidad</li></ul>
Ingeniería Industrial	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dirección y Gestión Organizacional</li><li>• Investigación de Operaciones y Estadística</li><li>• Sistemas de Producción</li><li>• Organización Industrial</li></ul>
Ingeniería Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"><li>• Control</li><li>• Robótica y Automatización</li><li>• Potencia Eléctrica</li><li>• Planeamiento Energético</li><li>• Ingeniería Biomédica</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Electrónica</li> <li>• Computadores</li> <li>• Tratamiento de Señales</li> </ul>
Ingeniería Sistemas y Computación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de Software</li> <li>• Informática Educativa</li> <li>• Informática Gráfica en Ingeniería</li> <li>• Informática Organizacional</li> <li>• Ingeniería de la Información y Redes</li> <li>• Sistemas Distribuidos y Paralelismo</li> </ul>

**Tabla 1. Areas de Investigación de los programas de Magíster**

### 3.3 Requisitos para el grado

Los requisitos académicos exigidos por la Facultad de Ingeniería de la Universidad para otorgar el título de Magister son los siguientes:

- Completar y aprobar un mínimo de 31 créditos en materias válidas para el programa, incluyendo los créditos por la tesis de investigación.
- Obtener un promedio ponderado no inferior a 3.75 en los cursos válidos para el programa.
- Defender la tesis de Magister ante el comité designado por el Departamento.
- Escribir un artículo sobre la tesis de Magister, el cual deberá ser publicado en los Memos de Investigación de la Facultad de Ingeniería.

El programa conduce al título de "Magíster" independientemente del área de especialización. Por ejemplo, un estudiante del área de estructuras del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental obtendrá el título de "Magíster en Ingeniería Civil".

## 4. EVOLUCION DEL MAGISTER

Existen tres aspectos que han contribuido al desarrollo y crecimiento del Magíster en la Facultad de Ingeniería:

- 1) la planta profesoral;
- 2) las inversiones en equipos y laboratorios; y
- 3) la demanda estudiantil.

### 4.1 Planta profesoral

Los cambios de la Facultad en términos de planta profesoral se han desarrollado alrededor de dos aspectos fundamentales. Por un lado un incremento sustancial en el número de profesores de planta; y por otro, una mejora en la calidad y el nivel académico de los nuevos profesores.

En la Facultad existen actualmente 48 profesores con título de Ph.D., 49 con título de Msc y 6 con título de ingeniero, para un total de 103 profesores de planta. El incremento sustancial de

profesores con Ph.D., en los últimos años, está íntimamente ligado al crecimiento del Magister (Sección 4.2).

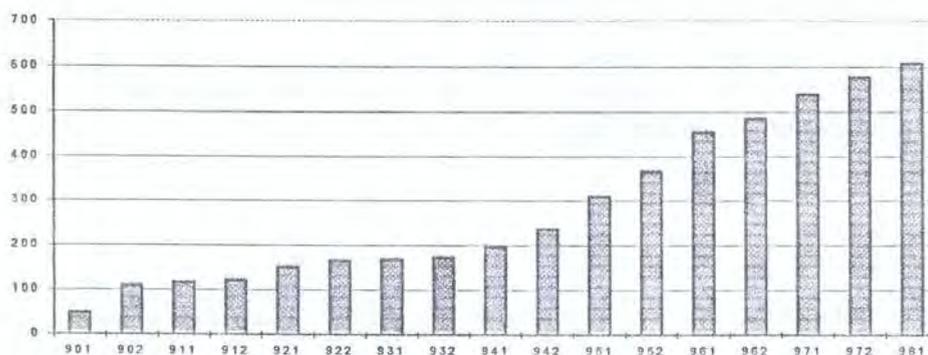
La mayoría de profesores con Ph.D. han entrado directamente a contribuir con el Magister. La calidad en los trabajos de investigación realizados como tesis de grado ha mejorado significativamente. Como complemento a esto, el desarrollo de proyectos de cooperación con la industria ha aumentado en forma importante contribuyendo a dos aspectos fundamentales: 1) la experiencia y el permanente contacto de los profesores con la industria; y 2) la participación de los estudiantes, como asistentes de investigación, en proyectos de investigación de punta en el país. El primer aspecto es particularmente importante porque repercute directamente en la calidad de la enseñanza y la permanente actualización de los profesores

#### 4.2 Estudiantes

El número de estudiantes inscritos en los diferentes programas de Magister de la Facultad también ha aumentado en forma importante desde 1993. Existen dos razones fundamentales para ello:

- 1) la aparición de nuevas alternativas de financiación; y
- 2) la presión de la industria para la contratación de mano de obra calificada.

En la Figura 1 se puede apreciar el aumento en el número de estudiantes de Magister.



**Figura 1. Estudiantes matriculados en Magister en la Facultad de Ingeniería**

Dado el elevado costo de un programa de este tipo, se hace indispensable recurrir a diferentes alternativas de financiación. En el pasado estas alternativas eran bastante reducidas, sin embargo, la universidad ha hecho grandes esfuerzos para encontrar nuevas fuentes de financiación. Dentro de las alternativas más utilizadas actualmente se pueden destacar las siguientes:

- Programa Universidad-Empresa (convenios de cooperación con el sector externo).
- Unión estratégica entre la Universidad y diferentes entidades financieras.
- Apoyo del ICETEX.
- Apoyo directo por parte de las empresas.
- Recursos Propios.

En lo referente al segundo aspecto, los procesos de apertura durante el gobierno Gaviria generaron una gran demanda de mano de obra calificada. Esto destapo la lamentable situación del país en cuanto a la cantidad y calidad de sus profesionales. Las exigencias laborales obligaron a muchos jóvenes a capacitarse para encontrar trabajos adecuados. Este proceso disparó el ofrecimiento de cursos de posgrado de todo tipo en el país; y entre ellos los de Magíster.

#### 4.3 Equipos y laboratorios

Sin duda alguna, el aumento en la cantidad y calidad de los programas de Magíster está asociado a la investigación, que a su vez debe estar acompañada de una mejora sustancial en los recursos de investigación. Especialmente en lo que tiene que ver con planta física y equipos.

Dentro de los proyectos más importantes de la Facultad de Ingeniería se encuentra la creación del Centro de Innovación Tecnológica (CITEC). En este proyecto, la Facultad de Ingeniería invirtió cerca de dos millones y medio de dólares en la compra de los laboratorios de Dow Chemical en la zona industrial de Santafé de Bogotá. El CITEC es en el momento el centro de investigación universitario más grande del país. Su objetivo último es el de acercarse a la Industria para trabajar *con* ella en proyectos tecnológicos del más alto nivel. El CITEC se ha convertido en un elemento vital para el desarrollo del Magíster puesto que le ha permitido a los estudiantes desarrollar investigaciones de alto nivel con tecnología de punta.

Adicionalmente la Facultad ha invertido grandes recursos en equipos de computación, laboratorios de diferente índole y en elementos fundamentales para la enseñanza. Todos los aspectos descritos anteriormente se han convertido en la base para lograr la calidad del programa de Magíster que tenemos en este momento.

### 5. CONCLUSION

El éxito de un programa de Magíster se encuentra en combinan cuatro aspectos fundamentales:

- una planta docente altamente capacitada;
- una infraestructura adecuada para la investigación;
- mecanismos de financiación para los estudiantes; y
- la selección de estudiantes altamente calificados.

Los cursos de educación continuada son importantes para mantener actualizada a la comunidad en general. Los cursos de especialización son muy importantes en este momento para el país porque responden a necesidades inmediatas de capacitación en áreas prioritarias. Sin embargo, se ha demostrado que en el mediano y largo plazo los aportes de los programas de Magíster y Doctorado, dentro de los cuales la investigación tiene un papel prioritario, son los únicos que le permitirán al país alcanzar niveles de desarrollo aceptables y competir dentro del contexto internacional en el próximo milenio.

# EL PROGRAMA UNIVERSIDAD-EMPRESA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Juan Saldarriaga y Adriana Triana, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes

## Resumen

En este trabajo se hace una presentación del Programa Universidad-Empresa de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes, implementado con el propósito de permitir que los mejores ingenieros recién egresados de todas las Facultades de Ingeniería de Colombia y de países vecinos puedan desarrollar estudios de Magíster, aprovechando la unión entre la empresa y la Universidad de Los Andes.

En 1993, con el fin de auspiciar el desarrollo de los programas de magíster en Colombia, el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Los Andes creó el Programa Universidad-Empresa (PUE).

Un estudio realizado por la Universidad había encontrado que el principal problema para la realización del magíster era de orden económico. Para hacer frente a este problema, se pensó en recurrir a ayudas financieras por parte de la industria y, dado que en Colombia es muy difícil que los empresarios entreguen fondos a la universidad para patrocinar investigación como se hace en Norteamérica, la idea fue vincular directamente los estudiantes a las empresas, permitiendo una dedicación de medio tiempo a su trabajo y unos ingresos económicos que cubran los estudios de maestría.

Para garantizar que todas las partes involucradas en el programa se vieran beneficiadas, se incluyó el concepto de Excelencia en la selección de los participantes del mismo: sólo los dos primeros puestos de cada promoción de las Facultades de Ingeniería de las universidades colombianas pueden participar en el Programa.

En la actualidad, el Programa Universidad-Empresa cuenta con 279 estudiantes (aproximadamente el 50% del total de estudiantes de magíster de la Facultad de Ingeniería) en todos los departamentos de la Facultad de Ingeniería, vinculados a 100 empresas de reconocido prestigio. Semestralmente se reciben aproximadamente 75 estudiantes.

El 78 % de los egresados del PUE quedan vinculados a la empresa que los patrocinó. En cuanto al 22% restante, éste se distribuye de tal forma que unos son los nuevos empresarios que generan empresa en sus ciudades de origen, otros son aquellos que deciden continuar sus procesos de formación doctoral y otros retornan a sus ciudades para ser docentes.

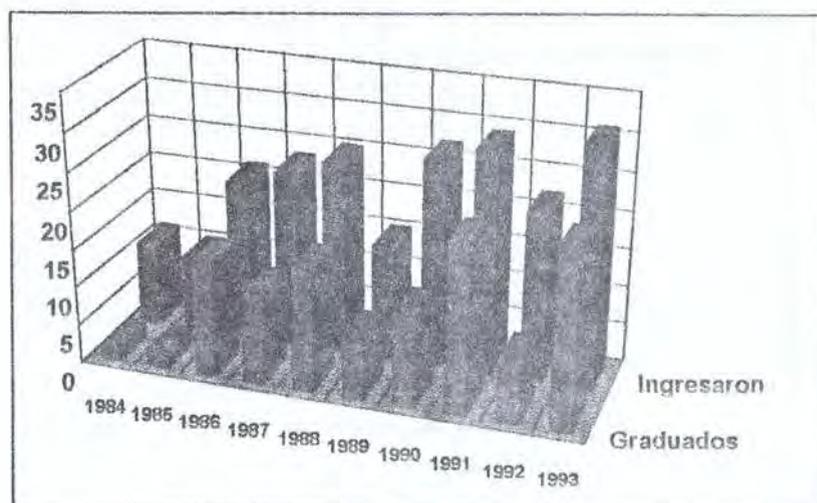
Es sin duda un Programa que la Universidad de Los Andes desearía ver reproducido en varias regiones de Colombia pues el desarrollo en investigación y las posibilidades de integración de la Universidad y la Empresa colombiana son tan necesarias y generarían tales beneficios para el país, que los esfuerzos realizados a la fecha parecen ser pocos, frente a lo que necesita un país abierto al mundo como Colombia.

## 1. ANTECEDENTES

En el año de 1993, desde el Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes se realizó una investigación para comprender los movimientos de la población estudiantil de los magísteres ofrecidos desde 1983. En la gráfica a continuación puede verse claramente que la situación era desconcertante, pues en promedio cerca del 50% de la población que iniciaba el magíster desertaba del mismo.

Cuando se indagó sobre las razones de tal deserción se encontró que la situación obedecía a una dificultad económica. Los graduandos de pregrado no contaban con apoyo económico de sus familias para realizar sus estudios y debían iniciar su vida laboral para contar con los recursos necesarios para estudiar. En Colombia no existe una tradición orientada a la continuación de estudios de posgrado y no hay fácilmente posibilidades de becas para realizar dichos estudios en el país.

Se encontró que los egresados del Magíster de Civil se empleaban en un 69% en empresas; un 17% generaban empresas y un 14% realizaban estudios doctorales en el exterior o se dedicaban a otras actividades. De los empleados, el 43% trabajaban en empresas de consultoría, 20% en entidades públicas; el 20% en construcción y el resto en otro tipo de empresas. Adicionalmente, se encontró que el 22% de los estudiantes de magíster eran del pregrado de la Universidad de Los Andes, el 10% de la Universidad Nacional de Colombia y el resto se distribuía con muy baja representación en el resto de universidades.



Se revisaron los casos de las Universidades de Illinois y Stanford en Estados Unidos y se encontró que en esas universidades la población de magíster y doctorado era alta y la posibilidad de culminar los estudios no dependía de una dificultad económica como en el caso colombiano. Estas universidades cuentan con recursos de la empresa privada y del estado para financiar investigación, haciendo que la universidad se convierta en empleadora de los estudiantes de posgrado, brindándoles oportunidades de trabajar en el área de estudio, realizar investigación y con ello financiar sus estudios (Assistance Ships). Este modelo aunque interesante parecía imposible de aplicar en la realidad colombiana. La universidad colombiana no ha creado aún una credibilidad que le permita ofrecer servicios de investigación al sector externo y los recursos que

brinda el estado para ello son muy reducidos. A pesar de ello era claro que sólo con el apoyo del sector externo se contaría con los recursos para financiar los estudios de maestría.

Se pensó que las maestrías se estructuraran de medio tiempo y que la empresa contratara al estudiante el otro medio tiempo para que éste contara con los recursos para financiar sus estudios. Sin embargo, dentro de este esquema faltaba brindar algún beneficio a la empresa, pues era claro que el estudiante y la universidad se beneficiaban con tal arreglo. Surge así la idea de transformar este programa naciente en un programa de excelencia. Esto quiere decir que sólo se recibirían semestralmente los primeros y segundos puestos de las promociones graduadas de la universidad colombiana en ingeniería, de tal modo que la mano de obra ofrecida a la empresa resultaría ser una mano de obra interesante en la medida en que no sólo era un futuro egresado de una maestría sino que en la actualidad era considerado como uno de los mejores egresados de la universidad colombiana en ingeniería. Nace así el Programa Universidad-Empresa. Duró dos años exclusivamente en el departamento de Ingeniería Civil y actualmente se encuentra en los seis programas de magíster de la Facultad (Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Sistemas, Industrial y Civil).

## **2. DESCRIPCION DEL PROGRAMA**

### **2.1 Objetivo del Programa**

Complementar la educación formal de las Maestrías de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes con trabajo dirigido en la empresa.

### **2.2 Metodología**

Semestralmente se hace invitación a todas las universidades de Colombia en las que haya ingeniería para que el rector o decano envíe con carta de recomendación a sus 2 mejores ingenieros egresados.

Así mismo se realizan actividades de promoción (desayunos, visitas) del Programa a empresas para lograr generar los empleos de medio tiempo necesarios para vincular a los estudiantes de maestría participantes del programa. Una vez generados los empleos se asignan los estudiantes teniendo en cuenta sus áreas de estudio y los perfiles requeridos en la empresa.

Después de llevar a cabo la selección pertinente de los estudiantes en cada empresa, ésta define la forma de contratación de los mismos de tal forma que cubra un período igual al de sus estudios de magíster. Existen dos formas básicas de contratación: directa (laboral o por honorarios) e indirecta (Convenio), garantizándose en ambos casos que los recursos generados permitan al estudiante cancelar su matrícula (Se define anualmente un mínimo a pagar).

A diferencia del resto de los estudiantes de la Universidad de los Andes, los estudiantes del Programa Universidad-Empresa disponen de una forma de pago en 3 contados sin ningún tipo de recargo.

Adicionalmente, se promueve el desarrollo de proyectos de investigación conjuntos entre la empresa y la universidad a través de las tesis de magíster de dichos estudiantes.

Semestralmente, se realiza un seguimiento al desempeño del estudiante en la empresa a través de una encuesta que diligencian los jefes inmediatos, además del seguimiento frecuente que se hace telefónicamente con las personas contacto en las empresas.

### **2.3 Beneficios para el estudiante**

- ◆ Realizar estudios de posgrado a la vez que adquiere experiencia en la Empresa.
- ◆ Con su trabajo financia sus estudios y ayuda a su sostenimiento en Bogotá.
- ◆ Paga mensualmente su matrícula, a medida que va recibiendo el sueldo de la empresa que lo patrocina.

#### **2.4 Beneficios para la empresa**

- ◆ Contacto con las últimas tecnologías en las diferentes ramas de la Ingeniería.
- ◆ Retroalimentación Empresa-Universidad, para adaptar los programas de cursos avanzados.
- ◆ Vinculación de los mejores ingenieros recién graduados del país.
- ◆ Acercamiento entre Empresa y Universidad, para desarrollar proyectos de investigación y consultoría especializada.

#### **2.5 Beneficios para la universidad**

- ◆ La Empresa ayuda al fortalecimiento de una escuela de posgrado en Ingeniería de alto nivel.
- ◆ El programa Universidad-Empresa, permite el desarrollo de la planta profesoral de la Universidad de los Andes, en beneficio del país.
- ◆ El programa Universidad-Empresa, permite reafirmar el papel de la Universidad de los Andes como adaptador de tecnología de alto nivel.

#### **2.6 Compromisos para la empresa**

- ◆ Contratar al estudiante por un período igual al de los estudios de magíster.
- ◆ Respetar el medio tiempo de estudio de los estudiantes.

#### **2.7 Compromisos para la universidad**

- ◆ Asignarle al estudiante el trabajo que mejor complemente su formación
- ◆ Evaluar semestralmente el compromiso académico y laboral adquirido por el estudiante
- ◆ Informar la situación académica de los estudiantes a la Empresa, previa autorización del estudiante.
- ◆ Sancionar a los estudiantes que falten a las normas internas o a la confidencialidad de los datos de la Empresa.

#### **2.8 Compromisos del estudiante**

- ◆ El trabajo asignado al estudiante se convierte en su beca de asistencia, así el estudiante adquiere un doble compromiso que redundará en una mejor preparación: Un compromiso académico con la Universidad, un compromiso laboral con la Empresa que lo está becando.
- ◆ Trabajar en la Empresa en la que la Universidad los presenta y son aceptados.
- ◆ Tener un promedio académico acumulado mayor de 3,75.
- ◆ Realizar sin interrupciones el Programa de Magíster.
- ◆ Respetar las políticas laborales y de selección empleadas por la Empresa.

- ♦ Mantener la confidencialidad de la Empresa.

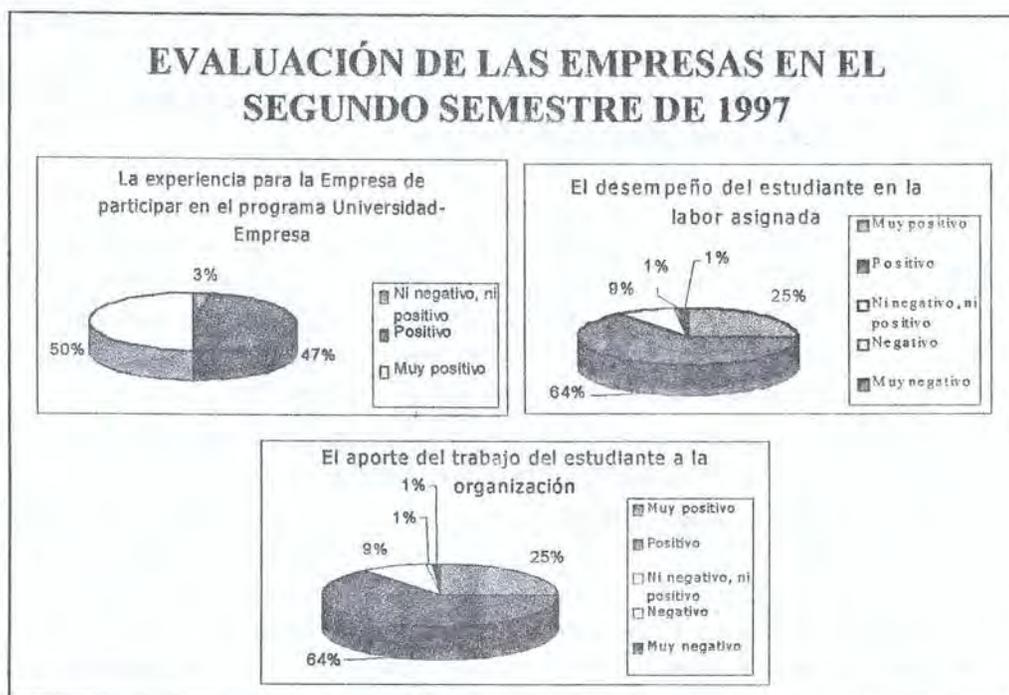
### 3. RESULTADOS A LA FECHA

El programa cuenta en la actualidad con 100 empresas vinculadas, que suministran los 279 empleos del número total de estudiantes a la fecha del Programa Universidad-Empresa. En la actualidad la Facultad cuenta con un total de 601 estudiantes de magíster, mostrando esto como el Programa Universidad-Empresa contribuye con el 45% del total de estudiantes de magíster de la Facultad.

El 78% de los egresados quedan vinculados a la empresa que los patrocinó. El 22% restante se distribuye en tres grupos más o menos iguales así: unos se regresan a su región de origen por no adaptarse a Bogotá y se emplean allí, otros regresan a sus universidades de origen para promover el desarrollo de las mismas, orientándose en la búsqueda de un doctorado y los últimos, de los que nos sentimos más orgullosos, regresan a sus regiones de origen a generar empresa (en la actualidad se han constituido 6 empresas consultoras en ingeniería civil).

La distribución según actividad realizada por los estudiantes en las empresas es la siguiente: diseño 46%; operativo 31%; gestión 7%; procesos 6%; proyectos 4% y otros 6%.

Por otra parte, a partir de las encuestas de evaluación que se realizan semestralmente en las empresas se ha encontrado lo siguiente:



### 4. FUTURO DEL PROGRAMA

**4.1 Convenios con empresas:** Gracias a los contactos que se han logrado con las empresas a través de los estudiantes del Programa Universidad-Empresa se han ido generando nuevos intereses a desarrollar conjuntamente entre la Universidad y la Empresa. Es así que se han firmado convenios en los que no sólo se contempla el Programa como tal sino que además se incluyen actividades tales como Educación Continuada para sus ejecutivos, creación de

especialización exclusivas para la empresa y desarrollo de proyectos de investigación para la empresa. El propósito es continuar con la expansión y multiplicación de tales convenios pues no sólo generan cierta garantía económica sino que además fortalecen el vínculo Universidad-Empresa trayendo beneficios para todos los actores en cuestión, incluido el desarrollo de la Nación.

**4.2 Otras carreras:** Indudablemente la experiencia ha sido muy positiva y nos hace pensar como Universidad que podríamos ampliarla a otras carreras. En la Empresas solicitan otro tipo de profesional además de los ingenieros. Está en el futuro ampliar el Programa a áreas como el derecho, economía y administración.

**4.3 Otros países:** El contacto con multinacionales y el anhelo de la Universidad de Los Andes de tener una influencia latinoamericana y mundial hace que los planes futuros estén orientados a desarrollar la posibilidad de incluir dentro de los estudiantes de Magíster , estudiantes de las Universidades del bloque andino.

**4.4 Formación Complementaria:** Con el propósito de fortalecer el desarrollo ético, profesional y personal de los mejores ingenieros de Colombia se ha venido gestando el Programa de Formación Complementaria del Programa Universidad-Empresa. Se espera que a través de charlas con conferencista de reconocido prestigio, los estudiantes del Programa Universidad-Empresa reciban un refuerzo en su desarrollo ético, personal y de ingeniería del siglo XXI.

**4.5 Investigación:** Aunque en la actualidad cerca del 40% de las tesis de los participantes del Programa Universidad-Empresa se realizan sobre problemáticas específicas de la empresa en la que laboran, nuestro propósito es estimular para que dicho porcentaje aumente y así fortalecer los beneficios mutuos de la relación Universidad-Empresa.

## 5. CONCLUSIONES

Para un país como Colombia que se encuentra en proceso de internalización de su economía y proceso de desarrollo a todo nivel, es evidente que la educación universitaria no puede ser un lujo sino una garantía para contar con los profesionales idóneos que puedan afrontar tal desarrollo y su consecuente competencia internacional. Es imperante seguir buscando alternativas para el problema económico subyacente en el proceso educativo colombiano.

Por otra parte y unido a lo anterior, será muy difícil competir si no estamos en un nivel adecuado de investigación, innovación y tecnología. Gracias a la educación de magíster y doctorado se promueve la investigación base para ello. Es imperativo por lo tanto lograr una masificación de la educación de magíster en ingeniería en el país. Sería nuestro propósito que la Universidad Colombiana en general pudiera desarrollar programas como el presentado, para promover la multiplicación de magísteres en Colombia. La situación es alarmante cuando nos comparamos con la universidad norteamericana en la que en sólo ingeniería mecánica gradúa al año alrededor de 8000 doctores, mientras que en Colombia en la actualidad contamos con alrededor de 900 estudiantes de magíster. En nuestras manos como Facultades de Ingeniería está gran parte del futuro de nuestra patria. No desviemos nuestra responsabilidad en ello y unamos esfuerzos realizando alianzas estratégicas para cumplir con propósitos comunes que nos traen beneficios a todos.

# PUESTA EN MARCHA DE UN PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERIA: UNA EXPERIENCIA EN GESTION ACADEMICA

Marta Elena Millán  
Directora Oficina Técnica de Doctorado en Ingeniería

Iván Enrique Ramos Calderón  
Decano Facultad de Ingeniería  
Universidad del Valle

## RESUMEN

El programa de **Doctorado en Ingeniería** de la Universidad del Valle, responde al propósito fundamental de insertar a la Universidad en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, formulando políticas y acciones que estimulen un sano equilibrio entre la docencia de excelencia y la investigación.

En este artículo se describe la experiencia de poner en marcha el programa y se presentan los principales resultados del proceso al interior de la Facultad de Ingeniería.

## 1. INTRODUCCION

Algunas reflexiones en relación con las tendencias de la economía mundial y a la naturaleza científica del cambio tecnológico, recogidas en "Los Estudios Doctorales en Colombia: Pautas para su Creación y Evaluación"<sup>1</sup> expresan la necesidad de contar con "personal científico y técnico altamente calificado que permita la inserción de nuestro país en el concierto económico mundial". Se reconoce también la urgente necesidad de formar docentes para la Universidad que, por una parte, mejoren cualitativamente sus programas académicos y que por otra, puedan "emprender la labor de resolver los grandes problemas económicos, sociales, científicos y tecnológicos del país".

Se impone la necesidad de crear y consolidar programas académicos al más alto nivel, particularmente a nivel de Doctorado puesto que la investigación se constituye en una de las estrategias más importantes para el cambio.

El Programa de Doctorado en Ingeniería se justifica desde varios puntos de vista:

- Desde el punto de vista de la contribución al desarrollo regional si se considera que el Programa es una de las estrategias que la Facultad de Ingeniería ha identificado para responder a las exigencias de los nuevos tiempos en cuanto a calidad y eficiencia de la Educación Superior por

---

<sup>1</sup> Santafé de Bogotá, Hotel La Fontana, Mayo de 1990

una parte, y para servir de motor del desarrollo tanto regional como nacional dentro de una concepción de Universidad Transformadora, por otra.

- Desde el punto de vista de los requerimientos educativos del país, la propuesta de Doctorado en Ingeniería responde a las exigencias del Ministerio de Educación Nacional contenidas en el Decreto 2791 de 1994 y a las del Consejo Nacional de Educación Superior (CESU). Es consistente también con las reflexiones de carácter nacional que las comunidades académicas y científicas iniciaron en los foros de "La Fontana" y del "Tequendama" consignadas en el documento "Los Estudios Doctorales en Colombia: Pautas para su Creación y Evaluación". Se inserta también dentro de la organización académico-curricular de la Facultad de Ingeniería, en un esquema orgánico de trabajo que articula el Pregrado, el Posgrado y del Doctorado en un proceso continuo de formación e investigación.
- Desde el punto de vista de la participación en el desarrollo nacional, el Programa de Doctorado en Ingeniería en la Universidad del Valle, es una estrategia de posicionamiento de la Facultad de Ingeniería tanto en el medio académico y productivo del suroccidente colombiano como en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

De esta manera, el Programa de Doctorado se constituye no solamente en una propuesta académica de formación avanzada de recursos humanos sino que es una estrategia de participación activa en los procesos globales de apertura y modernización del país.

En este artículo se describe una experiencia en gestión académica y curricular para el diseño, desarrollo y puesta en marcha de un Programa de Doctorado en Ingeniería. En primera instancia se discute brevemente el concepto de Doctorado en Ingeniería que se maneja. Luego se describe la manera como el programa se estructuró curricularmente y las estrategias y procesos académico-administrativos previstos no solo para ponerlo en marcha sino también para garantizar su consolidación. Mas adelante se concentra en las pautas y lineamientos generales que se tuvieron en cuenta para definir las normas académicas que aseguren procesos de evaluación, seguimiento, control y acreditación de la calidad del programa en sus componentes de docencia e investigación. Finalmente, se señalan las implicaciones más importantes de este trabajo de diseño y desarrollo curricular.

## **2. PROCESO DE FORMACION**

### **2.1 La Concepción Genérica**

El Programa de Doctorado en Ingeniería se concibió desde un principio en 1991, como un programa genérico, con áreas de énfasis, que busca formar doctores con un alto nivel de conocimientos, rigor intelectual, curiosidad científica y creatividad, capaces de ser autónomos intelectualmente y competitivos en el nivel internacional. Las diferentes áreas que lo integran corresponden a un campo del conocimiento en Ingeniería o en Ciencias aplicadas a la Ingeniería, como por ejemplo en Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Química y en Ciencias de la Computación y en Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Fue el primero en proponer a nivel nacional una estructura de esta naturaleza la cual fue inicialmente discutida y socializada al interior de la Facultad de Ingeniería, la Universidad y finalmente el sector académico con su presentación ante el Icfes en 1993. La Ley 30 de 1992 y la creación de la Comisión Nacional de Doctorados fueron factores fundamentales en la construcción y posterior aprobación de esta propuesta. La Autonomía Universitaria también lo es,

y en esta medida, lo que el Estado le da a la institución es el aval de que tiene las fortalezas y la reglamentación que garantizan la calidad, pertinencia y sostenibilidad del programa.

Dado este carácter de genérico hubo necesidad de definir criterios, indicadores y normas específicas que permitieran garantizar la calidad y el cumplimiento de los requisitos exigidos por la normativa vigente (Decreto 2791 de 1994).

## 2.1 Etapas de Formación

El proceso de formación gira en torno a la investigación y se concibe en dos etapas: en la primera, el estudiante es **aspirante** y en la segunda es **candidato** al título de Doctor. Durante la primera etapa, el estudiante se inicia en el trabajo de investigación preparando su propuesta de investigación y se forma en asignaturas avanzadas de carácter general y específicas del área en la cual desea realizar su trabajo doctoral. Para cambiar a la condición de candidato, debe aprobar la disertación de candidatura que consiste en la sustentación de la propuesta de investigación doctoral ante el Jurado de la Candidatura. El propósito de esta sustentación es demostrar que es viable, que el problema objeto de estudio está bien definido y que conducirá a un trabajo de investigación nuevo y original.

Durante la segunda etapa, el candidato desarrolla su programa de investigación doctoral y el currículo gira únicamente en torno a la investigación. El candidato participa en todas las actividades que realiza el Grupo de Investigación en el cual desarrolla su programa doctoral, presenta y publica sus resultados en congresos nacionales e internacionales ó en revistas especializadas. Finalmente, como culminación de su trabajo doctoral, prepara su Tesis doctoral y la defiende ante un tribunal de Tesis. Se ha previsto, que en la medida de lo posible, el candidato tenga la oportunidad de trabajar en un centro de investigación o universidad en el exterior que le permita compartir los resultados de su investigación con homólogos o pares académicos.

## 2.2 Estructura Curricular

Teniendo en cuenta que se trata de un programa de doctorado genérico, el currículo se estructuró de tal manera que fuera flexible, individualizado y centrado en la investigación. El currículo se definió con base en un mínimo de 72 créditos de los cuales al menos el 70% debe corresponder a actividades de investigación. La primera etapa deberá cubrir 36 créditos, de los cuales 18 corresponden a asignaturas de fundamentación avanzada y de profundización, 6 a seminarios de investigación y 12 a investigación. De esta manera, es posible definir varias alternativas de estructura curricular (Figura 1) tomando como referencia el número total de créditos en la primera etapa de formación y el tipo de actividad académica.

Semestre	Alternativa 1 Créditos	Alternativa 2 Créditos	Alternativa 3 Créditos
1	Asignaturas 12	Asignaturas 9 Seminarios 3	Asignaturas 6 Investigación 6
2	Asignaturas 3 Seminarios 3 Investigación 6	Asignaturas 3 Seminarios 3 Investigación 6	Asignaturas 9 Seminarios 3
3	Asignaturas 3 Seminarios 3 Investigación 6	Asignaturas 6 Investigación 6	Asignaturas 3 Seminarios 3 Investigación 6

Figura 1 Algunas Alternativas de Estructura Curricular

Las actividades académicas incluyen asignaturas de fundamentación avanzada, de profundización, seminarios e investigación. Las **asignaturas de fundamentación avanzada** tienen como objetivo ofrecer una sólida preparación en los conceptos teóricos y metodológicos relevantes en un área de énfasis del Programa de Doctorado. Cada área de énfasis del Programa de determina, para cada estudiante, las asignaturas que requiere para su formación con base en un conjunto de asignaturas definidas para cada área y de acuerdo con sus intereses. Las **asignaturas de profundización** se diseñan en torno a temas objeto de trabajo de las líneas de investigación en los cuales existe un significativo esfuerzo de investigación.

Durante **los seminarios**, periódicamente los estudiantes realizan exposiciones públicas. El objetivo de éstas es demostrar su capacidad de síntesis, de crítica y de creatividad, al tiempo que adquiere la práctica de la presentación oral. Es una oportunidad para que estudiantes y profesores reflexionen sobre temas de interés avanzados relacionados con el problema que el estudiante pretende abordar.

**La investigación** es la principal actividad del estudiante doctoral en el proceso de formación. Particularmente, en la segunda etapa de formación, ésta es su principal y única componente. El estudiante se inicia en la investigación formando parte de un Grupo de Investigación y participando en los proyectos del Grupo en una línea de investigación determinada. En esta etapa se completan los 72 créditos totales exigidos por el Programa.

### **3. PROCESOS DE EVALUACIÓN, SEGUIMIENTO, CONTROL Y ACREDITACIÓN DE LA CALIDAD DEL PROGRAMA EN SUS COMPONENTES DE DOCENCIA E INVESTIGACIÓN.**

#### **3.1 Estrategias y Procesos de seguimiento y evaluación**

Considerando que el Programa de Doctorado en Ingeniería se estructuró a partir de áreas de énfasis y a que la investigación se apoya en Grupos de Investigación consolidados, fue necesario definir procedimientos y requerimientos mínimos comunes y aplicables a cualquiera de las áreas de énfasis en relación con los procesos de admisión y selección y con los de evaluación del proceso de formación. Adicionalmente a estos mínimos, cada área de énfasis podrá establecer criterios propios.

En relación con los procesos de evaluación de las etapas de formación fue necesario definir tanto el mecanismo como los criterios a través de los cuales un aspirante se convierte en candidato a doctor. Se propusieron, con este fin, los Jurados de Candidatura y de Disertación, para asegurar la evaluación y el seguimiento del proceso de formación del aspirante al título de Doctor.

El proceso de evaluación es responsabilidad, por una parte de los profesores que dan apoyo y ofrecen las asignaturas de fundamentación avanzada y de profundización y por otra de los jurados de **Disertación de Candidatura y de Disertación Doctoral**. El primero, el **de Candidatura**, que está compuesto por tres (3) profesores doctores y del cual hace parte el director de la Tesis, es responsable de la evaluación de la propuesta de investigación del aspirante. La disertación delante del jurado de candidatura tiene como propósito que el aspirante demuestre que su objeto de investigación es original y está bien definido, que domina la bibliografía básica y que su plan de trabajo y las posibilidades de éxito son realistas. El jurado **de Disertación Doctoral**, está compuesto por, al menos 3 pares académicos, de los cuales uno debe ser externo a la unidad académica responsable del área de énfasis, otro debe ser externo a la Universidad del Valle, y el último debe haber participado del jurado de su candidatura

exceptuando al Director de la Tesis. El jurado de disertación evalúa el informe escrito de Tesis de doctorado del candidato tomando como referentes, entre otros, el aporte original a la Ciencia o a su aplicación en Ingeniería, el rigor científico y el cumplimiento de los objetivos propuestos.

### **3.2 Sobre los Requisitos para ser Doctor**

Para optar al Título de Doctor en Ingeniería, se definieron los siguientes requisitos:

- Haber sido aceptado como candidato al título de Doctor.
- Aprobar la disertación doctoral.
- Haber publicado o tener aceptado como publicación al menos un artículo en una revista o congreso de reconocido prestigio internacional. El artículo versará sobre el tema objeto de la Tesis Doctoral.
- Cumplir con los demás requisitos que las normas vigentes de la Universidad del Valle exigen para optar por al Título de Doctor.
- Demostrar capacidad para comunicarse en idioma inglés, a juicio del Departamento de Idiomas de la Universidad del Valle.

### **3.3 Sobre la Acreditación de Grupos de Investigación**

Teniendo en cuenta, por una parte, que la formación doctoral está fundamentada en los Grupos de Investigación y por otra, que la madurez que en términos de desarrollo investigativo y nivel de consolidación de los Grupos de Investigación puede variar, fue necesario definir criterios y procedimientos tanto para aceptar una nueva área de énfasis como para acreditar a los Grupos de Investigación que pretendan recibir estudiantes de doctorado para adelantar su investigación en áreas ya aceptadas.

Con respecto a los Grupos de Investigación, los criterios y requisitos que se adoptaron coinciden con los expuestos en la normativa nacional vigente y con los criterios e indicadores definidos por COLCIENCIAS:

- nivel de consolidación del grupo,
- tiempo de existencia,
- estrategias de consolidación futura,
- papel del Grupo de Investigación en el desarrollo de la investigación en la región y en el país,
- proyectos de investigación en ejecución,
- contribuciones del grupo al fortalecimiento de la ciencia y la tecnología en el país,
- proyectos que se van a poner en marcha en el mediano y largo plazo,
- integrantes de cada Grupo de Investigación incluyendo nivel de formación, producción académica y reconocimientos o premios científicos.

### **3.4 Sobre la Acreditación de nuevas Areas de Enfasis**

Los criterios de acreditación de las áreas de énfasis del Programa de Doctorado en Ingeniería coinciden, también, con lo establecido, en este sentido, en el artículo 3º Decreto 2791 de 1994. Tanto la acreditación de nuevas áreas como el avalar Grupos para recibir estudiantes, es

responsabilidad del **Consejo de Doctorado**, el cual es el organismo encargado de administrar el Programa de Doctorado. Este Consejo está conformado por los Vicedecanos de Docencia (quien lo preside), el de Investigación, dos profesores doctores de las áreas activas y dos profesores doctores de otras áreas académicas.

### 3.5 Requisitos para dirigir una Tesis doctoral

Para dirigir Tesis de doctorado se definieron los siguientes requisitos:

- Experiencia en el trabajo de dirección o co-dirección de Tesis en el nivel de Maestría o Doctorado, preferiblemente
- Poseer el título de Doctor
- Pertenecer a un Grupo de Investigación activo
- Estar desarrollando proyectos de investigación
- Tener publicaciones en el área de trabajo respectiva.

## 4. IMPLICACIONES

El proceso de definición y puesta en marcha del Programa de Doctorado le implicó a la Universidad del Valle y su Facultad de Ingeniería:

- Aumentar ostensiblemente en número de doctores en la Facultad de Ingeniería. En poco menos de 4 años se pasó de un 7% a un 27% de profesores con doctorado.
- Conformar un grupo con profesores doctores responsables de la definición de criterios y procedimientos para poner en marcha el programa de doctorado.
- Abordar como la primera tarea la unificación de criterios de seguimiento y evaluación teniendo en cuenta las diferentes escuelas y modelos de formación de donde provienen los doctores. Este elemento enriqueció, de manera significativa, la discusión tomando como referencia principal el propósito de la formación a nivel doctoral.
- Abordar y asumir tareas, al inicio, de manera independiente y posteriormente discutir y definir, a nivel del grupo completo las propuestas resultantes de la primera etapa.
- Incorporar al grupo doctores de otras áreas de la Universidad con experiencia en la puesta en marcha de programas de doctorado.
- Estructurar el currículo con base en créditos lo que permitió su flexibilización.

## 5. BIBLIOGRAFIA

1. Facultad de Ingeniería, "Programa de Doctorado en Ingeniería". Abril de 1998, 43 pp. y anexos
2. Barraza, et al. "Programa de Doctorado en Ingeniería: Informe al Consejo de Facultad". Facultad de Ingeniería. Junio 1998. 15 pp.
3. Apoyo a la Consolidación y Fortalecimiento de Grupos y Centros de Investigación. Subdirección de Programas de Desarrollo Científico y Tecnológico. COLCIENCIAS, Bogotá Octubre de 1996
4. Facultad de Ingeniería. "Programa de Doctorado en Ingeniería", Universidad del Valle, febrero de 1992. 99 pp más anexos.
5. Cárdenas Jorge, "Doctorados: Reflexiones para la Formulación de Políticas para América Latina". Tercer Mundo, Unal, 1991, Santafé de Bogotá, 320 pp.

# LOS POSGRADOS EN INGENIERIA, UNA OPORTUNIDAD DE COMPETENCIA ACADEMICO-CIENTIFICA FRENTE AL DESARROLLO DEL PAIS

Lilia Edith Aparicio Pico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas

**Resumen :** Las oportunidades laborales del ingeniero colombiano, dependen del perfil que plantean las Universidades, este aspecto es fundamental en el desarrollo de programas académicos e investigativos en las facultades de ingeniería y es el que garantiza la vinculación al proceso de producción y desarrollo del país.

Un análisis detallado nos lleva a hacer las siguientes consideraciones : debe existir un ingrediente común en los perfiles, que es independiente de la misión y la visión de la institución y que es propio de la disciplina de la ingeniería y que se particulariza de acuerdo con el enfoque laboral del egresado, es decir, el ingeniero debe prepararse para abordar la solución de los problemas propios de la ingeniería, desde una perspectiva global, sin embargo, la diversidad de problemas enmarcados en la solución de una ingeniería en particular, hace puntualizar el perfil y lo desvía del aspecto común, esto hace competitivos los programas de ingeniería y que son una base sólida para el desarrollo de programas de posgrado que obedecen al perfil del egresado de la institución que ofrece dicho programa de posgrado. Esta es entonces, una buena oportunidad para ofrecer soluciones en competencia frente a las necesidades del país, y la que se debe respaldar, porque de esta manera se puede justificar un proceso correcto de formación de investigadores, con una visión hacia el desarrollo del país.

En otras palabras las especializaciones, que ofrecen cada universidad, deberían responder a las necesidades de perfeccionamiento de los ingenieros egresados de cada una de ellas y por consiguiente las maestrías y doctorados tendrían lineamientos y propuestas bien concretas, concertadas con el gremio responsable de la producción y el desarrollo, de esta manera los ofrecimientos serían completamente concretos, acordes a las necesidades del país.

**1. CONOCIMIENTO Y FORMACION:** Un ingeniero con una estructuración básica y fundamentada en conocimientos, técnicas y demás habilidades de diseño e ingenio en el marco de las ingenierías en particular, debe tener una visión de solución particular, que obedece al

conocimiento propio de su ingeniería, esto mismo fundamenta, desde el punto de vista de la formación integral, la creación de programas de posgrado, que puedan integrarse en conjunto a las demás disciplinas del conocimiento en la búsqueda del conocimiento específico.

- 1.1 **Conocimiento específico** : propio de la ingeniería de la cual se derive el posgrado.
- 1.2 **Conocimiento Global** : propio de las necesidades de desarrollo, con objetivos bien precisos, desarrollo social y económico a corto plazo y desarrollo industrial a largo plazo.
- 1.3 **Conocimiento interdisciplinario** : que obedece a la formación integral que se fundamenta desde el pregrado.

**2. LA RESPONSABILIDAD DE LAS UNIVERSIDADES** : La Universidad Colombiana en general debe preocuparse, por buscar la integración al proceso de producción y desarrollo, pero no sin antes examinar lo que puede ofrecer. Es necesario que en el entorno universitario haya interacción y participación con participación directa o simulada en la empresa y la industria, este es el buen ingrediente que se logra cuando, algunos profesores universitarios tienen otro tipo de vinculación laboral, diferente al de la educación y formación en ingeniería.

- 2.1 **El docente de planta** : cuál es el aporte que realmente debe dar el docente de planta y cuál su función ?
- 2.2 **El docente investigador** : cuál es la apropiación que manifiesta sobre el conocimiento directo de los problemas ?
- 2.3 **El equipo docente-maestro-doctor-alumno** : dónde se debe manifestar el trabajo de equipo y con las ideas de quién ?

**3. FORMACION DE DOCENTES E INVESTIGADORES** : A través de la historia, los estudiantes de ingeniería, indagan sobre la formación docente de sus profesores, unos tienen formación docente y otros no, como resultado se abre toda una polémica sobre metodologías de enseñanza, que la mayoría de los profesores de ingeniería rechazan, pero el punto neurálgico realmente está, en la formación de los investigadores. Las Universidades que ofrecen sus programas de posgrado, deben preocuparse por la formación de los investigadores que respalden sus programas, aquí sí que tenemos una buena oportunidad para vincular profesionales con espíritu investigativo, que ubican directamente las situaciones críticas de solución.

Como consecuencia de esta mirada, se considera la posibilidad de hacer los equipos integrados entre la empresa y/o industria y la universidad. Esta aproximación a una integración perfecta, se logra perfectamente a través de los programas de posgrado. La responsabilidad de las universidades pasa entonces a tener de una simple visión de formación en ingeniería a la formación de investigadores en disciplinas propias de la ingeniería y mejor aún en disciplinas integradas del conocimiento global de la sociedad y sus necesidades particulares.

**3. LA COMUNIDAD DE LOS POSGRADOS** : Un equipo sólido de posgrado, responde a la solución de problemas dependiendo de varios factores :

- 3.1 **El estudiante** : que debe tener la suficiente motivación para cursar debidamente el posgrado.

- 3.2 **Los profesores** : también con suficiente motivación para avanzar en los procesos investigativos.
- 3.3 **Las directivas de la Universidad** : con proyección integral.
- 3.4 **La infraestructura de desarrollo educativo y de investigación** : que depende en buena medida de los recursos.
- 3.5 **La posibilidad de integración con el sector industrial y empresarial.**
- 3.6 **Identificación de los tipos de investigación** : identificada aquí como básica en ingeniería ó investigación aplicada.
- 3.7 **El patrocinio de talentos** : para los casos de los cerebros que se han fugado y los que se quieren fugar.
- 3.8 **La visión hacia el primer mundo** : para calificar universalmente el conocimiento, a nivel de desarrollo.

**4. LAS ALTERNATIVAS DE FINANCIACION** : Como interés particular y sin desconocer tanto el talento como la motivación del personal que se forma en los programas de posgrado, un problema que trasciende es el problema de financiación de los proyectos, que en muchos casos comienza desde cuando surge una buena idea de investigación.

La solución inmediata podría ser la conciencia de directivos o en últimas de los responsables del manejo financiero de las universidades, pero mejor aún se puede lograr, con la financiación de los proyectos a través de convenios por ejemplo, y que se pueden patrocinar directamente a los estudiantes de posgrado que están vinculados directamente al sector productivo.

Otra solución importante es establecer convencios de cooperación académico-científica entre entidades universitarias, en este aspecto si que es determinante el criterio y trayectoria de las universidades.

Nos enfrentamos entonces a tener que obligatoriamente revisar cuidadosamente los programas de formación de pregrado y los programas de perfeccionamiento a través de las especializaciones, afortunadamente, el proceso de regulación de maestrías y doctorados está bien controlado.

**5. EL APOORTE DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL** : La Universidad Distrital Francisco José de Caldas está cumpliendo 50 años, formando ingenieros que se encuentran unicados en todas partes del mundo, esta experiencia la refleja claramene con el ofrecimiento de los siguientes programas de posgrado en la Facultad de Ingeniería:

- Maestría en Teleinformática.
- Especialización en Teleinformática.
- Especialización en Telecomunicaciones Móviles
- Especialización en Sistemas de Información Geográfica
- Especialización en Ingeniería de la Producción.
- Especialización en Ingeniería de Software
- Especialización en Higiene y Salud Ocupacional

Todos estos programas de formación de posgrado han sido diseñados de acuerdo con el perfil propio de las ingenierías de la universidad y acorde a las necesidades planteadas como fruto de la experiencia de docentes y egresados vinculados al sector productivo no solo nacional sino internacional.

Adicionalmente la Universidad Distrital, cuenta con un plan de formación de docentes investigadores, con proyección hacia el ofrecimiento de programas de Doctorado, para ello presenta dos alternativas para la formación de doctores :

- En convenio con universidades extranjeras, para la formación directa en modalidad libre para docentes de trayectoria investigativa.
- Patrocinando la formación directa en modalidad presencial de profesores que viajan al exterior.

Tiene en proceso de consolidación la Maestría en Sistemas de Información Geográfica, La Maestría en Optoelectrónica y Los Doctorados en Telecomunicaciones y Doctorado en Producción.

Conciente la Universidad Distrital de la responsabilidad que ella misma plantea en su misión, constantemente, está en proceso de autoevaluación; además cuenta con una oficina de investigaciones y mejor aún tiene su propio estatuto del investigador, que incentiva a docentes y estudiantes.

Como premisas para el ofrecimiento de posgrados, tiene :

- Las diferencias sobre metodologías de la enseñanza y las metodologías de la investigación, están reflejadas claramente en el dinamismo, que tienen los contenidos programáticos y el desarrollo curricular en los programas de posgrado y la influencia en la actualización de los programas y el currículo de pregrado, acorde a los perfiles establecidos.

Un resultado importante de lo anterior, conlleva la vinculación de egresados de la Universidad de pregrado y posgrado a los procesos de soluciones efectivas en áreas de las ingenierías, integrados a los estudiantes de posgrado egresados en pregrado de otras universidades.

La experiencia ha sido favorable, y la motivación suficiente en algunos integrantes de la comunidad universitaria, hasta el punto de tener candidatos en la esfera de la investigación básica en ingeniería, con proyección de investigación científica en el doctorado.

El mejor resultado de la reflexión y el desarrollo que ha tenido la universidad se enmarca, en el proyecto de Universidad Virtual, el cual tiene características importantes que la llevan a proyectar una buena participación a nivel nacional e internacional en la formación a cualquier nivel en ingeniería; como infraestructura, tiene programas de formación pregrado y posgrado en tratamiento, manejo y transporte de información, adicionalmente tiene la facultad de ciencias y educación, que maneja aspectos necesarios en los procesos de desarrollo educativo y del conocimiento, y una buena red de comunicaciones; por otro lado ha suscrito convenios con otras

universidades del país y convenios de cooperación con el sector de las telecomunicaciones y la producción.

Por último, “es indispensable fortalecer la investigación en las facultades de ingeniería, bajo una correcta organización de grupos de trabajo interdisciplinarios, con la participación de toda la comunidad académico-científica, donde se vincule al estudiante de pregrado, al grupo de soporte de maestros y estudiantes de maestría y doctorado, para garantizar una continuidad en la formación de los profesionales, especialistas e investigadores de las ingenierías”.

# INFLUENCIAS DE LA EXPERIENCIA LABORAL, CAPACITACIÓN RECIBIDA Y DESEADA, E INDUSTRIA DONDE LABORA EL PROFESIONAL; EN EL DISEÑO DE PROGRAMAS ACADÉMICOS ( FORMAL O CONTINUADA ) DE POSTGRADO EN INGENIERÍA.

Luis Alberto Mora Gutiérrez – Universidad EAFIT  
Medellín - Colombia

**Resumen:** la educación de postgrado en ingeniería mecánica está asociada con tres elementos fundamentales: la institución que la ofrece ( quien fija sus parámetros de experiencia y conocimiento ), la persona de nivel de ingeniería que la desea y la industria donde el profesional de la ingeniería mecánica presta sus servicios laborales.

La investigación agrupa estos tres elementos para encontrar cómo inciden en la educación recibida y deseada, para ello tiene en cuenta: la experiencia laboral del ingeniero, los campos de su ejercicio como ingeniero, las actividades profesionales que ha desarrollado, los cargos que ha desempeñado, los criterios de compra y adquisición de programas de formación avanzada ( formal e informal ), los años de graduado y de ejercicio profesional, como los criterios y opiniones de la empresa donde labora con relación a la educación que el ingeniero recibe y la que debe realizar en el futuro según sus metas como industria.

El cruce de las variables anteriores permite hacer un diseño estratégico de los programas a ofrecer desde el punto de vista de postgrado para las facultades de ingeniería tanto a nivel formal como de educación continuada, para lograr hacer un diseño estratégico de la planeación de programas a ser ofrecidos por las diferentes instituciones de ingeniería y a la vez realizar un esfuerzo coherente para el lanzamiento ( con éxito académico, industrial y comercial ) al mercado de programas útiles de postgrado en ingeniería para Colombia y el exterior.

**Desarrollo:**

## 1 INGENIERÍA

Es la ciencia aplicada que se encarga mediante la tecnología y el uso racional de los recursos naturales de la generación de bienes y servicios que satisfagan las necesidades básicas del ser humano como de aquellos productos que proporcionan un mejor estándar de vida.

## 1.1 INGENIERÍA MECÁNICA

Es la rama de la ingeniería que se dedica al estudio del diseño y construcción de elementos, máquinas, equipos y sistemas mecánicos, para ponerlos en el corto o mediano plazo al servicio de la humanidad, liberando al ser humano del esfuerzo físico y simplificando su labor industrial para fomentar el desarrollo social y económico.

Analiza las necesidades deseos, y requerimientos de la sociedad, mediante trabajo interdisciplinario, y pone al servicio de ella los desarrollos reales de la ciencia universal traduciéndolos a elementos, máquinas, equipos y sistemas mecánicos para que presten un servicio adecuado, el uso racional

## 2 INVESTIGACIÓN

### 2.1 PASOS DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA

La investigación realizada tiene como objetivo determinar los criterios importantes para el diseño de la educación continuada requerida por el ingeniero a partir de su evolución profesional, capacitación previa la industria en que se desempeña.

1. Constitución del universo a partir de bases de datos de ingenieros activos profesionalmente.
2. Determinar las áreas de desempeño laboral, tiempo de egresados y experiencia en cada área.
3. Definición de los campos posibles de educación continuada.
4. Establecer los criterios de adquisición y compra de educación continuada por parte de los ingenieros.
5. Encontrar las áreas de interés de educación continuada de los profesionales y de las empresas.
6. Conclusiones

#### 2.1.1 Constitución del Universo - Bases de Datos

El universo muestral de los ingenieros activos y las empresas se desarrolla a partir de:

1. A.C.I.E.M. Asociación de ingenieros eléctricos, mecánicos, y afines de Antioquia.
2. A.S.I.M.E.C. Asociación de egresados de ingeniería mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana
3. Egresados de ingeniería mecánica de la Universidad EAFIT
4. Directorio Industrial Colombiano
5. Base central de datos de la Universidad EAFIT sobre ingenieros que han asistido a eventos de educación continua, congresos y talleres durante los últimos treinta y cinco ( 35 ) años.

## 2.1.2 Áreas de Desempeño laboral

Las áreas se obtienen mediante muestreo estadístico estratificado utilizando una encuesta abierta inicial y con otra posterior de jerarquización, detallando el desempeño en sus diferentes épocas de ejercicio profesional. Se obtienen los siguientes resultados:

Mantenimiento	38	Planeación	7
Ventas Técnicas	32	Termodinámica	7
Producción	27	Compras	6
Montajes	26	Control Ambiental	6
Proyectos	26	Avalúos Maquinaria	5
Diseño	24	Programación producción	5
Programación de mantenimiento	22	Legislación Industrial	3
Asesorías	18	Logística	3
Desarrollo de proyectos	17	Aeronáutica	2
Administración	14	Automatización	2
Ingeniería	14	Control Numérico	2
Interventoría	14	Control Numérico	2
Taller	14	Industria Automotriz	2
Consultoría	12	Robótica	2
Gerencia	12	Salud Ocupacional	2
Mantenimiento Gerencial	12	Software industrial	1
Fluídos	11	Aire Acondicionado	1
Hidráulica	11	Arqueología	1
Planeación Producción	10	Auditoría	1
Transferencia Calor	10	Automatización de procesos	1
Calidad	9	Diseño Industrial	1
Diseño de Plantas	9	Informática	1
Neumática	9	Mecatrónica	1
Servicio al Cliente	9	Metrología	1
Desarrollo de Nuevos productos	8	Plásticos y Embalajes	1
Investigación y desarrollo	8	Recursos Humanos	1
Manejo de materiales	8	Sistemas	1
Mercadeo	8	Textil	1
Control de producción	7	Vapor	1
Docencia	7		
Finanzas	7		
Ingeniería de 'Procesos	7		

Las primeras veinte ( 20 ) áreas representan el sesenta y ocho por ciento ( 68 % ) del total de ocupación.

As áreas de ocupación según las épocas de egresados muestran:

Egresados antes de 1980					
Antes de 1981	1981 a 1984	1985 a 1988	1989 a 1992	1993 a 1996	Actualmente
Mantenimiento 26.67 %	Mantenimiento 33.33 %	Proyectos 21.43 %	Administración 12.00 %	Administración 10.72 %	Diseño 11.11 %
Producción 26.67 %	Ingeniería 13.33 %	Mantenimiento 21.43 %	Proyectos 8.00 %	Inv. Desarrollo 7.14 %	Administración 11.11 %
Proyectos 6.67 %	Proyectos 6.68 %	Ingeniería 14.29 %	Desarrollo Proyectos 8.00 %	Ventas Técnicas 7.14 %	Inv. Desarrollo 11.11 %
Administración	Administración 6.66 %	Administración	Control de Calidad 8.00 %	Proyectos 7.14 %	Ventas Técnicas 7.40 %
Automatización	Inv. Desarrollo	Inv. Desarrollo	Mantenimiento 8.00 %	Desarrollo Proyectos 7.14 %	Proyectos 7.40 %
Program. Mto.	Producción	Producción	Inv. Desarrollo	Control de Calidad 7.14 %	Compras 7.40 %
	Gerencia	Gerencia	Ventas Técnicas	Desar. Nvs. Polos. 7.14 %	Mantenimiento 3.70 %
			Desar. Nvs. Polos.	Diseño	Producción
			Diseño	Compras	Producción
			Compras	Mantenimiento	Asesorías Técnicas
			Producción	Proyectos	Desarrollo Proyectos
			Asesorías Técnicas	Asesorías Técnicas	Gerencia
			Gerencia	Gerencia	Control de Calidad

Egresados entre 1980 y 1985

Antes de 1981	1981 a 1984	1985 a 1988	1989 a 1992	1993 a 1996	Actualmente
Producción 26.87 %	Proyectos 20.00 %	Proyectos 26.70 %	Ingeniería 17.86 %	Proyectos 13.80 %	Proyectos 18.59 %
Proyectos 6.67 %	Mantenimiento 20 %	Producción 20.00 %	Producción 10.72 %	Diseño 10.34 %	Diseño 11.11 %
Mantenimiento	Adm. Docente 20 %	Mantenimiento 20.00 %	Mantenimiento 10.72 %	Gerencia 10.34 %	Diseño, Proyectos 11.11 %
Control de Calidad	Producción 10 %	Administración 13.33 %	Proyectos 7.14 %	Administración 10.34 %	Gerencia 11.11 %
Program. Mto.	Diseño 10 %	Ingeniería	Gerencia 7.14 %	Diseño, Proyts. 6.90 %	Producción 7.41 %
	Control Procesos 10 %	Montajes	Administración 7.14 %	Inv. Diseño 6.90 %	Mantenimiento 3.7 %
	Control Ambiental 10 %	Diseño	Montajes 7.14 %	Producción 6.90 %	Ventas Técnicas
			Diseño, Nvs Pdts 7.14 %	Montajes 6.90 %	Prog. Mto
			Inv. Des.	Mantenimiento	Administración
			Ventas Técnicas	Ventas técnicas	Ingeniería
			Prog. Mto	Prog. Mto	Diseño, Nvs. Pdts.
			Docencia	Ingeniería	Inv. Des.
			Plásticos y Embalajes	Docencia	Docencia

Egresados entre 1986 y 1990

1985 a 1988	1989 a 1992	1993 a 1996	Actualmente
Producción 23 %	Mantenimiento 21 %	Producción 22 %	Producción 16 %
Taller M. H. 23 %	Producción 17 %	Proyectos 19 %	Proyectos 16 %
Mantenimiento 11 %	Taller M. H. 13 %	Control calidad 11 %	Diseño 12 %
Proyectos 11 %	Montajes 8.5 %	Interventoría 7.5 %	Control Calidad 8 %
Control Calidad 11 %	Plan. Prod. 8.5 %	Taller maq Hts 7.5 %	Inv. Des. 8 %
Ventas Técnicas 11 %	Diseño 8.5 %	Mantenimiento 4 %	Mantenimiento 4 %
Ingeniería 11 %	Proyectos	Gerencia 4 %	Administración 4 %
	Control Calidad	Control Numérico	Interventoría 4 %
	Interventoría	Ventas Técnicas	Taller Maq Hts.
	Gerencia	Montajes	Gerencia
	Prog. Mto.	Ingeniería	Diseño, Nvs. Pdts.
	Control Ambiental	Mtto. Gerencial	Compras

Egresados desde 1991 a 1997

1989 a 1992	1993 a 1996	Actualmente
Montajes 34 %	Proyectos 20 %	Proyectos 17 %
Mantenimiento 17 %	mantenimiento 14 %	Interventoría 17 %
Diseño 17 %	Interventoría 10 %	Diseño 14 %
Diseño, Nvs. Pdts 8 %	Diseño 10 %	Compras 10 %
Producción 8 %	Compras 7 %	Des. Pyts. 7 %
Taller M. H. 8 %	Des. Pyts 3 %	Control calidad 7 %
Automatización 8 %	Control calidad 3 %	Diseño, Nvs. Pdts 7 %
	Diseño, Nvs Pts 3 %	Producción
	Producción	Ingeniería
	Ingeniería	Consultoría
	Consultoría	Gerencia
	gerencia	Plan. Prod.
	Plan. Prod.	Logística

### 2.1.3 Campos de la Educación Continua

Se establecen diferentes opciones en la educación informal donde los tipos de programas más representativos son:

1. Cursos abiertos
2. Cursos cerrados
3. Seminarios
4. Talleres
5. Congresos
6. Foros
7. Diplomaturas
8. Simposios
9. Programas cerrados
10. Programas abiertos
11. Programas compartidos
12. Combinaciones

### 2.1.4 Criterios de Compra y Adquisición de Educación Continuada.

Se lograron los resultados entre cuatro categorías dependiendo del año de egresados: antes de 1980, entre 1980 y 1985, entre 1986 y 1990, y desde 1991 a 1997, y aporta los siguientes resultados:

	1 Antes de 1980	1981-1985	1986-1990	1991 a la fecha	Promedio
<b>Tema</b>	9.40	9.60	9.20	9.67	9.47
<b>Contenido</b>	8.87	9.33	9.40	9.73	9.33
<b>Expositor</b>	8.73	9.20	8.47	8.93	8.83
<b>Horario</b>	7.87	7.20	7.27	7.27	7.40
<b>Institución</b>	7.13	7.27	7.53	8.73	7.67
<b>Precio</b>	6.07	7.07	7.47	8.13	7.19
<b>Lugar</b>	6.07	6.20	5.93	6.87	6.27
<b>Duración</b>	5.93	7.40	5.93	6.87	6.53

Los criterios más importantes en orden de importancia son: Tema con 15.03 %, Contenido con 14.80%, Expositor con 14.03%, y Horarios con el 12.46%, opinan el 57%.

### 2.1.5 Áreas de Preferencia de Educación Continuada

Se definieron mediante entrevista directa a muestra determinada con procedimiento y formulación estadística, para los años mil novecientos noventa y ocho ( 1998 ), mil novecientos noventa y nueve ( 1999 ) y dos mil.

Los resultados registrados son:

Egresados antes de 1980

TEMAS	PORCENTAJE			Promedio
	1998	1999	2000	
Administración	40	50	47	45.7%
Otros	9	13	13	11.7%
Sistemas	13	7	7	9.0%
Proyectos	11	3	0	4.7%
Pymes	2	7	13	7.3%
Diseño	7	7	0	4.7%
Producción	4	7	0	3.7%
Normas	7	0	7	4.7%
Control Automático	0	3	7	3.3%
Control Ambiental	0	3	0	1.0%
Mantenimiento	2	0	0	0.7%
Energía	2	0	0	0.7%
Ventas	0	0	7	2.3%
Plásticos Embalaje	2	0	7	3.0%
Flúidos	0	0	0	0.0%
Calidad	0	0	0	0.0%
C.A.D.	0	0	0	0.0%

Egresados entre 1981 y 1985

TEMAS	PORCENTAJE			Promedio
	1998	1999	2000	
Administración	51	44	47	47.3%
Flúidos	7	13	47	22.3%
Otros	9	7	7	7.7%
Calidad	2	10	13	8.3%
Proyectos	2	7	0	3.0%
Sistemas	7	0	7	4.7%
Control Ambiental	0	7	7	4.7%
Pymes	4	3	7	4.7%
Plásticos Embalaje	4	0	0	1.3%
Producción	0	7	7	4.7%
Normas	2	3	0	1.7%
Mantenimiento	4	0	0	1.3%
Energía	2	0	0	0.7%
Diseño	2	0	7	3.0%
C.A.D.	2	0	0	0.7%
Control Automático	0	0	0	0.0%
Ventas Técnicas	0	0	0	0.0%

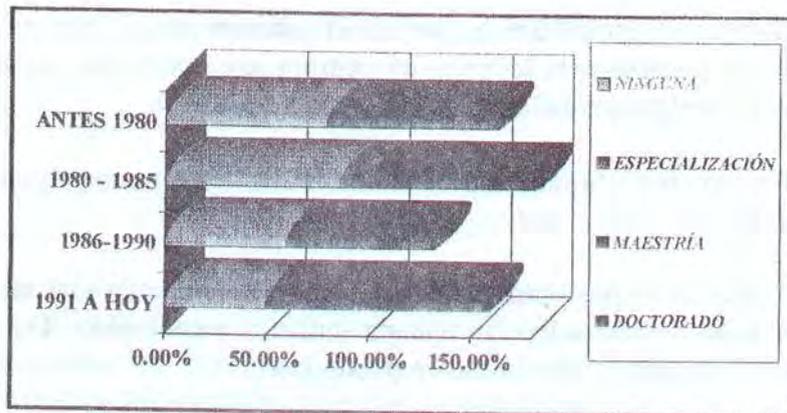
Egresados entre 1986 y 1990

TEMAS	PORCENTAJE			Promedio
	1998	1999	2000	
Administración	42	44	60	48.7%
Proyectos	18	10	7	11.7%
Producción	9	10	13	10.7%
Calidad	11	7	0	6.0%
Pymes	0	10	7	5.7%
Control Ambiental	2	0	13	5.0%
Diseño	0	10	0	3.3%
Sistemas	7	0	0	2.3%
Flúidos	4	0	0	1.3%
Ventas Técnicas	2	3	0	1.7%
Control Automático	2	0	0	0.7%
Normas	2	0	0	0.7%
Energía	0	3	0	1.0%
C.A.D.	0	3	0	1.0%
Mantenimiento	0	0	0	0.0%
Plásticos	0	0	0	0.0%
Otros	0	0	0	0.0%

Egresados desde 1991

TEMAS	1998	1999	2000	Promedio
Administración	40	60	53	51.0%
Proyectos	16	17	13	15.3%
Producción	9	7	0	5.3%
Fluidos	13	0	0	4.3%
Calidad	4	3	0	2.3%
Normas	7	0	0	2.3%
Diseño	2	3	7	4.0%
Pymes	0	0	13	4.3%
C.A.D.	4	0	0	1.3%
Sistemas	2	0	7	3.0%
Plásticos	0	3	7	3.3%
Mantenimiento	0	3	0	1.0%
Energía	0	3	0	1.0%
Otros	2	0	0	0.7%
Control	0	0	0	0.0%
Control Ambiental	0	0	0	0.0%
Ventas	0	0	0	0.0%

Campos de educación formal deseada por los ingenieros



Campos de desempeño profesional deseados por los ingenieros y por la industria

Area	Ingeniero	Industria	Promedio
Proyectos	8.800	8.733	8.767
Ingeniería	8.622	8.733	8.678
Diseño	8.867	8.422	8.645
Des. Proyectos	8.511	8.622	8.567
Calidad	7.778	8.822	8.300
Servicio al Cliente	7.356	8.733	8.045
Diseño de Plantas	7.956	8.000	7.978
Gerencia	7.178	8.738	7.958
Montajes	7.444	7.800	7.622
Administración	7.000	8.133	7.567
Asesorías	7.556	7.556	7.556
Plan. Prod.	6.778	8.200	7.489
Consultoría	7.511	7.378	7.445
Producción	6.733	7.933	7.333
Neumática	7.000	7.089	7.045
Interventoría	6.622	7.178	6.900
Hidráulica	6.844	6.844	6.844
Mantenimiento	5.044	8.378	6.711
Fluidos	6.600	6.711	6.656
Transf. Calor	6.333	6.889	6.611
Ventas Técnicas	5.400	7.822	6.611
Mtto. Gerencial	5.733	7.378	6.556
Prog. Mtto.	5.578	7.111	6.345
Taller Industrial	4.956	6.778	5.867

### 3 CONCLUSIONES

Los ingenieros que actualmente laboran en mantenimiento todos desean cursos técnicos, sus criterios de compra son tema, expositor y contenido. Ninguno tiene postgrado a pesar de tener mas de diez años trabajando en mantenimiento. Son clientes potenciales de postgrado y educación continuada técnica y específica.

Los profesionales que actúan en ventas técnicas y que solo han tenido experiencia en gerencia, solo les interesa educación continuada en áreas de gestión.

Los ingenieros que actualmente laboran en diseño no están interesados en educación continua en los próximos tres años. Sus criterios de compra son tema, contenido y expositor. No hay uniformidad en el postgrado deseado.

Los profesionales que laboran en desarrollo de proyectos prefieren educación continuada en administración. Sus criterios de compra son tema y contenido. Sus postgrados apuntan al área de gestión.

Los egresados de ingeniería mecánica que actúan como gerentes no les interesa los cursos de corte técnico, solo los de gestión. Sus criterios de compra son contenido, tema y expositor. Los pocos interesados en postgrados señalan hacia el área de Gestión.

Los ingenieros que actualmente laboran en producción todos desean cursos gerenciales y administrativos, sus criterios de compra son expositor y contenido.

Los profesionales que actúan en proyectos no definen claro un área especial en capacitación. Sus criterios de adquisición de educación continuada son tema y contenido. Tienen en general marcada tendencia a realizar educación formal en postgrados.

### Bibliografía

Investigación realizada por los Ingenieros Mecánicos **Rafael Esteban Barreto Uribe** y **Nelson Bolaños Rojas**, dirigida y asesorada por **Luis Alberto Mora G.** - Universidad EAFIT – Biblioteca – Tesis de Grado de Ingeniería Mecánica - 1997 - Medellín

### Hoja de Vida

Ingeniero Mecánico de la Universidad Pontificia Bolivariana. – Especialista en mercadeo y Magister en Administración de la Universidad EAFIT. Especialista en Logística Industrial de la Universidad Politécnica de Valencia y Universidad del Norte. Actualmente cursa doctorado en Ingeniería Industrial en la Universidad Politécnica de Valencia España. Ha sido Gerente General de Postobón Barranquilla, Lloreda Grasas Plásticos S.A. Cali, Industrias Alimenticias Carabobo Venezuela e Industrias Lácteas Inlayosa de Venezuela. Actualmente Profesor, Asesor e Investigador en Ingeniería Mecánica de la Universidad EAFIT

Email [lmora@sigma.eafit.edu.co](mailto:lmora@sigma.eafit.edu.co) - Teléfono 3857370 - Fax 2664284 - A.A. 3300 Medellín

# **MAESTRIA EN INGENIERIA QUIMICA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA- BOGOTA: UNA EXPERIENCIA FLEXIBLE**

**Luis M. Carballo Suárez**  
**Ingeniero Químico, M.Sc., Ph.D.**  
**Profesor Titular**

**Marcelo Riveros Rojas**  
**Ingeniero Químico, DIC, M.Sc.**  
**Profesor Asociado**

**Departamento de Ingeniería Química**  
**Universidad Nacional de Colombia**  
**Sede Santafé de Bogotá**

## **RESUMEN**

Se presentan los antecedentes que dieron origen a la Maestría, especialmente la tradición de la carrera, la consolidación de Grupos de Investigación en algunos procesos (Catálisis, Polímeros, Carbones), y la necesidad de formar profesionales creativos y capaces de generar procesos de transformación de interés nacional. Se describe la estructura curricular del Programa, formada por 3 etapas: asignaturas básicas obligatorias; asignaturas del área de énfasis escogida y asignaturas electivas, para adquirir un dominio más profundo en un determinado campo del conocimiento, y la Tesis de investigación, junto con los Seminarios de avance. Se muestra como las asignaturas de énfasis, las electivas, la Tesis y los Seminarios, han permitido, en estos 11 años de labores, lograr un desarrollo versátil y flexible, reflejado en la variedad de temas tratados en las 35 Tesis culminadas hasta Abril de 1998 y en la relativa facilidad para incorporar nuevas áreas de énfasis que correspondan a fortalezas de la institución y necesidades del país o para suprimir áreas que carezcan de interés en el medio académico e industrial. En efecto, hace 8 años se introduce el área de Ingeniería Bioquímica y, actualmente, se contempla la posibilidad de ofrecer las de Gestión Tecnológica y Producción Limpia. Se menciona como esta experiencia motivó la inclusión del área de Ingeniería Química en el Programa de Doctorado en Ingeniería. Finalmente, algunas estadísticas ilustran la flexibilidad del Programa.

## **1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN**

Los primeros trabajos de grado para optar al título de Ingeniero Químico en la Universidad Nacional en Bogotá se remontan a 1951, y corresponden principalmente a proyectos de factibilidad técnico-económica para la producción de materias primas orgánicas e inorgánicas,

que en algunos casos incluían el diseño de equipos a nivel industrial. En estos proyectos se trataba de plantear alguna necesidad de desarrollo en el país o analizar y dar soluciones específicas a problemas que se presentaban en nuestra incipiente industria química. Sin embargo, en la mayoría de los casos no se realizaban ensayos experimentales, ya que no se contaba con los equipos necesarios y, por lo tanto, se utilizaba información encontrada en la literatura pertinente. Algunos pocos de estos trabajos dieron origen a pequeña y mediana industria química, con resultados diversos desde el fracaso hasta un éxito completo. Esto último sigue siendo válido hoy en día.

A finales de la década del 70 se presentó por parte del Departamento de Ingeniería Química, el primer Proyecto de Investigación, mediante el cual se buscaba crear una infraestructura investigativa en el campo de la Catálisis Heterogénea, en cuanto a recursos humanos, físicos, y de información y documentación. Este Proyecto, titulado "Desarrollo de Catalizadores para la Oxidación a Acido Acético y Deshidratación a Etileno del Alcohol Etilico", fue aprobado y financiado por el Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Nacional (CINDEC) y COLCIENCIAS, y se desarrolló entre finales de 1980 y comienzos de 1984. A través de este proyecto, se diseñaron, construyeron y montaron los primeros reactores catalíticos tubulares a nivel de laboratorio y de banco, de régimen continuo, en vidrio y en acero inoxidable, lo cual permitió el estudio experimental de las reacciones planteadas. Esto, a su vez, conllevó a la preparación, evaluación y selección de catalizadores inorgánicos, lo mismo que al análisis del comportamiento cinético de aquellos catalizadores que mostraban los mejores desempeños para las reacciones orgánicas consideradas. Más importante aún, se logró motivar a un grupo de profesores para que participaran en un Programa de Investigación que recibió el nombre de ALCOHOL-QUÍMICA, el cual se presentó a consideración de COLCIENCIAS a finales de 1985.

Hacia 1987, los profesores integrantes del Programa Alcohol-Química solidificaron sus contactos previos con los profesores del Departamento de Química pertenecientes al Grupo de Catálisis y emprendieron la planeación y el desarrollo de algunos trabajos de investigación de interés común, a nivel de Pregrado y Posgrado, actividad que se ha incrementado desde entonces y ha generado resultados muy satisfactorios para ambos Departamentos.

Alrededor de 1984, otro grupo de profesores del Departamento de Ingeniería Química se organizó con profesores de Ingeniería Ambiental, Farmacia y Química, principalmente, para conformar un Programa de Investigación en Procesos Bioquímicos, lo cual dió origen al actual Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional.

También, por esta época, se integró un grupo de profesores de los Departamentos de Ingeniería Química y de Química para realizar trabajos de investigación en el campo de los Polímeros.

Igualmente, algunos profesores del Departamento de Ingeniería Química se asociaron con el Grupo de Carbones del Departamento de Química de la época, hoy Laboratorio de Combustibles, para llevar a cabo proyectos de investigación conjuntos.

Todo este impulso que se dió a los programas de investigación en el Departamento de Ingeniería Química a mediados de la década de los 80, sumado a más de 38 años de existencia de la carrera con aproximadamente 1200 graduados, sirvió de soporte para la creación del Programa de Maestría en Ingeniería Química, el cual se inició en 1987 con áreas de énfasis en Procesos Catalíticos, Procesos de Polimerización y Procesamiento de Carbones. Posteriormente, en 1990, se incluyó el área de Ingeniería Bioquímica.

## 2. PROGRAMA DE MAESTRIA EN INGENIERIA QUÍMICA

### 2.1 Reseña Histórica y Objetivos Generales

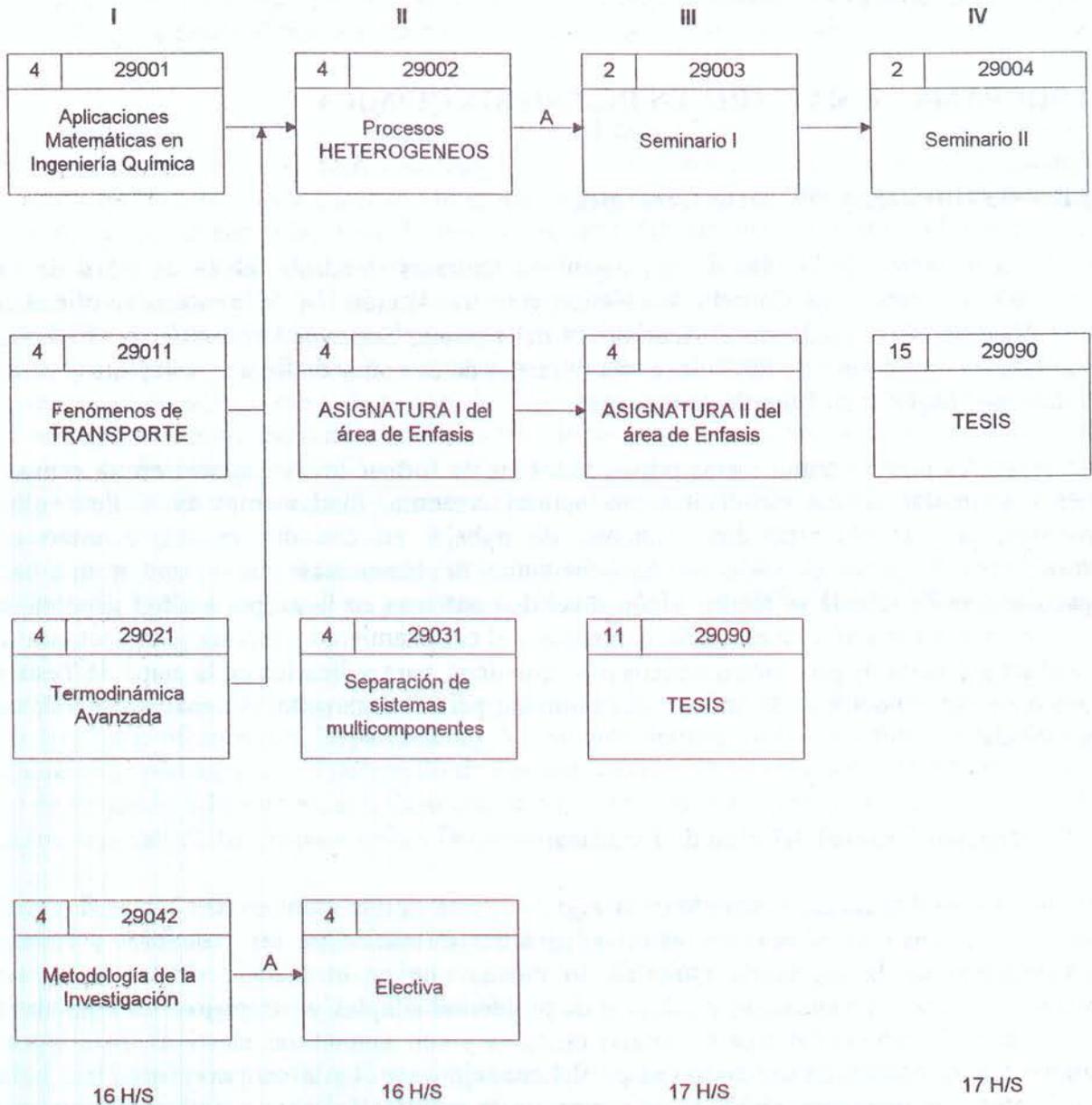
El Plan de Estudios de la Maestría en Ingeniería Química se aprobó el 24 de Abril de 1986, mediante el Acuerdo 9 del Consejo Académico, mientras la creación de la misma se oficializó el 30 de Abril de 1986, mediante el Acuerdo 34 del Consejo Superior Universitario. El Programa inició labores en Febrero de 1987, tiene una duración de dos años en tiempo completo y conduce al Título de **Magister en Ingeniería Química**.

Este Programa plantea como metas primordiales las de formar investigadores en un campo del saber y estimular en los estudiantes una actitud creadora, fundamental en el desarrollo de tecnología propia. Se trata, esencialmente, de trabajar en dos direcciones: primero en la consolidación y profundización de conocimientos fundamentales que permitan una mayor capacidad teórica, donde se facilite algún nivel de confianza en la propia aptitud generadora, y segundo en la integración de esos conocimientos y el entrenamiento metodológico necesario para el análisis y síntesis de procesos químicos o bioquímicos, para aplicarlos en la etapa de Tesis a un problema concreto del área de énfasis, cuya utilidad para el desarrollo nacional sea debidamente demostrada.

### 2.2 Concepción General del Plan de Estudios:

El Plan de Estudios actual, mostrado en la *Figura 1*, está estructurado en tres etapas. La primera comprende asignaturas básicas obligatorias, para dar formación en los principios y conceptos fundamentales de la Ingeniería Química, lo mismo que en el manejo de las herramientas matemáticas para la formulación y solución de problemas simples y complejos. La segunda tiene que ver con asignaturas del área de énfasis escogida y con asignaturas electivas, para lograr un dominio más profundo en un cierto campo del conocimiento. La tercera corresponde a la labor investigativa propiamente dicha y está compuesta por la Tesis y los dos Seminarios de Investigación; sin embargo, esta etapa comienza realmente al seleccionar el área de énfasis, con la cual se adquieren las herramientas especializadas que permiten abordar problemas nuevos de manera integral; la Tesis debe sustentarse públicamente.

**FIGURA 1**  
**MAGISTER EN INGENIERIA QUIMICA**  
**PLAN DE ESTUDIOS**  
**DEDICACION: TIEMPO COMPLETO**



FUENTE (3)



Las Áreas de Énfasis que se ofrecen hoy en día son: Procesos Catalíticos, Procesos de Polimerización, Procesamiento de Carbones e Ingeniería Bioquímica.

El listado de asignaturas de las áreas de énfasis y electivas se presenta a continuación (EI: Énfasis I, EII: Énfasis II)

**Procesos Catalíticos:** Procesos Catalíticos (EI), Análisis y Diseño de Reactores Químicos (EII), Gasificación y Licuefacción del Carbón (EII).

**Procesos de Polimerización:** Procesos de Polimerización (EI), Transformación de Polímeros (EII), Dinámica de Fluidos Poliméricos (EII), Polimerizaciones en Emulsión y Fase Gaseosa (EII).

**Procesamiento de Carbones:** Procesos Catalíticos (EI), Gasificación y Licuefacción del Carbón (EII).

**Ingeniería Bioquímica:** Ingeniería Bioquímica Avanzada (EI), Ingeniería Enzimática (EII), Dinámica y Control de Biorreactores (EII), Diseño de Biorreactores y Bioseparaciones (EII).

**Electivas:** Simulación de Procesos, Gestión de Tecnología en Ingeniería Química. Además, el estudiante tiene la opción de tomar como Electiva asignaturas del énfasis no escogido o de otros Planes de Estudio de Maestrías afines.

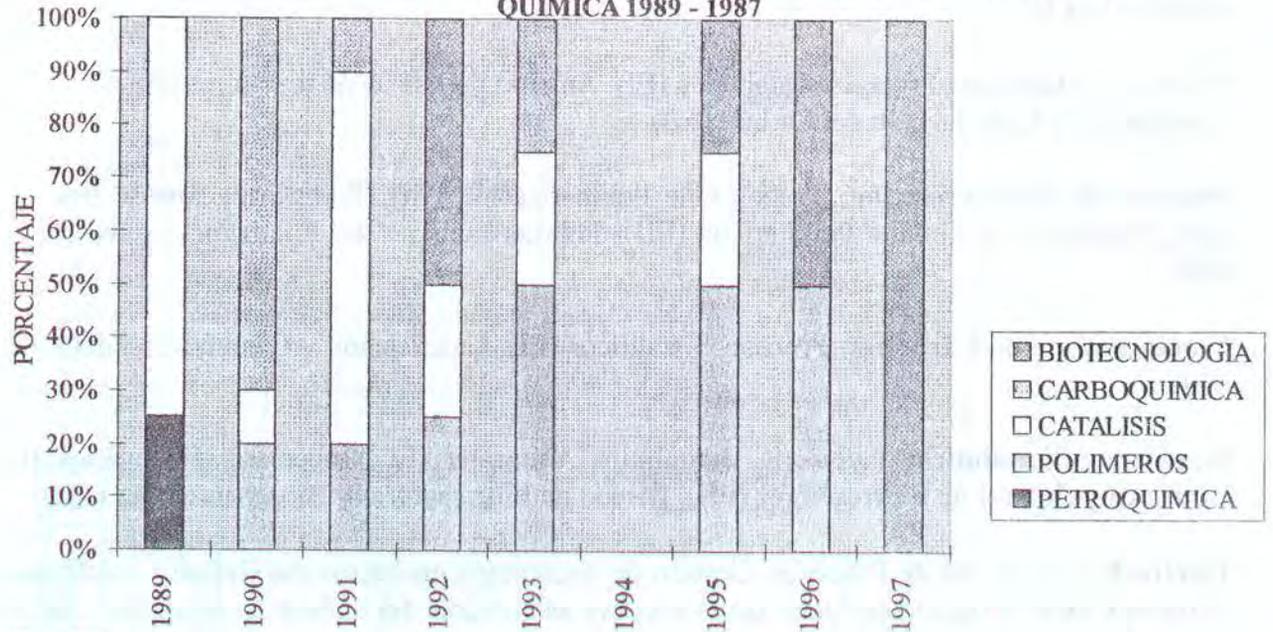
### 2.3 Estudiantes

86 Ingenieros Químicos, la gran mayoría recién graduados y docentes, han iniciado la Maestría entre 1987 y 1996, de los cuales 36 (42%) la han culminado; de los 50 restantes, 5 (10%, 6% del total) están en trámite de sustentación de Tesis y aprobación de grado; 12 (24%, 14% del total) siguen activos; 24 (48%, 28% del total) han terminado materias e iniciado Tesis, sin haberse graduado por diferentes causas, especialmente vinculación laboral o dificultades en el desarrollo de la Tesis; finalmente, 9 (18%, 10% del total) se retiraron comenzando la Maestría.

### 2.4 Tesis de Magister

29 Tesis han sido finalizadas hasta 1997: 25 corresponden claramente a un área de énfasis y 4 cubren dos áreas. De las 25, 1 (4%) pertenece al campo de los Procesos Petroquímicos, 3 (12%) a Procesamiento de Carbones, 6 (24%) a Procesos de Polimerización, 7 (28%) a Procesos Catalíticos y 8 (32%) a Ingeniería Bioquímica. La *Tabla 1* y la *Figura 2* ilustran esta situación por áreas y por años.

**FIGURA 2**  
**CLASIFICACIÓN POR TEMA DE LAS TESIS DE MAGISTER EN INGENIERÍA**  
**QUÍMICA 1989 - 1987**



FUENTE (5)

**TABLA 1**  
**TESIS DE MAGISTER EN INGENIERIA QUIMICA**  
**1989 - 1997**

AÑO	Petroquímica	Polimeros	Catalisis	Carboquímica	Biotecnología
1989	1		111		
1990		1	+	+111	
1991		1	+111	+	
1992		+	+		1
1993		1	+	+	
1994					
1995		11	1		1
1996		1			1
1997					11111

**TESIS TOTALES: 29**

*Las + significan que la tesis trata dos temas, no se puede incluir en uno solo*

**FUENTE: (5)**

Algunas Tesis, aproximadamente el 25% , especialmente en el área de Ingeniería Bioquímica, han sido elaboradas con el apoyo de entidades externas, gracias a convenios de colaboración, formales e informales, beneficiando, de esta manera, los sectores académico, investigativo e industrial. Tales son los casos del Instituto Politécnico de Milán, la Universidad Nacional Autónoma de México -UNAM-, la Universidad Complutense de Madrid, la Universidad de Antioquia, el Instituto Nacional de Salud, el Instituto Colombiano del Petróleo, CORPOICA, CENICAFE, Bavaria y AgrEvo.

### 3. CONCLUSIONES

- Se ha conseguido una buena integración entre los diferentes grupos de soporte de investigación, con lo cual se ha logrado generar líneas completas y entrelazadas de investigación en procesos.
- La investigación básica llevada a cabo en estos años ha permitido alcanzar una descripción más exacta de ciertos sistemas complejos, donde se llevan a cabo fenómenos de interés industrial y académico, gracias a la elaboración de modelos representativos.
- El desarrollo de las 35 Tesis ha generado la presentación de numerosas publicaciones en revistas reconocidas y la participación en varios Congresos, Simposios y eventos similares, nacionales e internacionales.
- Un buen número de Profesores del Departamento de Ingeniería Química ha terminado la Maestría y ha entrado a reforzar los Programas de Investigación y a generar nuevos proyectos, con el consecuente beneficio para los Programas de Pregrado y Posgrado.
- Los resultados antes mencionados muestran como, durante la última década, en el área de Ingeniería Química se ha alcanzado un buen nivel de infraestructura, en cuanto a recursos humanos, físicos y de información.
- Gracias a la estructura curricular flexible, pueden incorporarse nuevas áreas de énfasis a la Maestría, a medida que se vayan madurando por parte de los profesores interesados, y teniendo en cuenta las necesidades del país y las fortalezas institucionales.
- A lo largo de su desarrollo, la Maestría ha contribuido a reforzar la fundamentación científica y tecnológica de ingenieros colombianos, para que sean capaces de atender rápidamente y con propiedad las necesidades del país, mediante la generación y adaptación de nuevas tecnologías.
- La Maestría debe seguir participando en la identificación de las necesidades y las dificultades que afrontan y afrontarán, en un futuro próximo, la industria química nacional y nuestra sociedad, en general, para que los esfuerzos de formación de ingenieros químicos sean canalizados en el planteamiento y solución de problemas, a fin de mejorar el entorno social y la calidad de vida en el país. Ésta debe ser una tarea compartida y articulada entre el gobierno, las universidades, centros de investigación y el sector productivo, para determinar los temas, tipos y alcances de la actividad investigativa, según los intereses nacionales.
- El Programa de Maestría ha colaborado para incrementar la capacidad de gestión empresarial del desarrollo científico-tecnológico del país, mediante la conformación de grupos de

investigación interdisciplinarios, compromiso que debe mantenerse.

- Se dieron las condiciones para impulsar con un mayor grado de profundización la investigación que se ha venido desarrollando en el área de Ingeniería Química, por lo cual el Consejo Académico de la Universidad Nacional, en Noviembre de 1997, autorizó la inclusión del Área de Ingeniería Química en el Programa de Doctorado en Ingeniería.

## AGRADECIMIENTOS

Un especial reconocimiento a la estudiante de último semestre de Ingeniería Química Ximena Muñoz Sánchez por la valiosa colaboración para la preparación y presentación de este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, CONSEJO ACADÉMICO, Acuerdo 9 de 1986.
2. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, CONSEJO SUPERIOR UNIVERSITARIO, Acuerdo 34 de 1986.
3. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, COMITÉ ASESOR DE POSGRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA, "Posgrado en Ingeniería Química. Programa de Maestría", Bogotá, 1993.
4. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, DIRECCIÓN CURRICULAR DE INGENIERÍA QUÍMICA, archivos y documentos varios, Bogotá, 1985-1998.
5. CASTELLANOS, Oscar; RUEDA, Ma. Angélica, y RAMÍREZ, Julio César, "Importancia de la Ingeniería Química en el Desarrollo de la Biotecnología Industrial", Ingeniería e Investigación, No 41 (en prensa).

# DOCTORADO EN INGENIERIA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA: UNA ESTRUCTURA FUNCIONAL. CASO INGENIERIA QUIMICA-BOGOTA

Luis M. Carballo Suárez  
Ingeniero Químico, M.Sc., Ph.D.  
Profesor Titular

Marcelo Riveros Rojas  
Ingeniero Químico, DIC, M.Sc.  
Profesor Asociado

Departamento de Ingeniería Química  
Universidad Nacional de Colombia  
Sede Santafé de Bogotá

## RESUMEN

Se presentan algunos antecedentes que dieron origen a la creación del Doctorado en Ingeniería en 1991 y se señalan sus objetivos genéricos. Se muestran su estructura curricular y Plan de Estudios, basados en la realización de la Tesis Doctoral, como corazón del Programa, y de dos Cursos Dirigidos y dos Seminarios Doctorales sobre tópicos especiales, de acuerdo con el área de la Ingeniería y el tema de Tesis de investigación escogidos. Se exponen los argumentos que condujeron a solicitar y lograr la aprobación en Noviembre de 1997 de la inclusión del Área de Ingeniería Química en el Programa de Doctorado en Ingeniería. Finalmente, se establecen los temas de Procesos Catalíticos, Procesos de Polimerización, Ingeniería y Diseño de Reactores, Ingeniería Bioquímica y Procesamiento de Carbones, como las áreas de investigación que inicialmente se ofrecerán.

## 1. ANTECEDENTES GENERALES

Los avances asimilados por las universidades colombianas, si bien han llevado a una mejor preparación de los nuevos profesionales, no han satisfecho plenamente la meta de contribuir a un **desarrollo tecnológico independiente**, y a la generación, diseño y construcción procesos que transformen materiales en productos útiles al hombre.

Existen, obviamente, razones de tipo político y económico que determinan en gran medida esta situación. Se impone, sin embargo, un cambio de actitud que debe promoverse desde la misma Academia, la cual debe enfocar sus esfuerzos hacia la creación de esa capacidad generadora que pueda imprimirle un mayor impulso a nuestra tecnología y al desarrollo nacional. Se precisa la unión de individuos y medios alrededor de objetivos concretos, relacionados con demandas sociales prioritarias.

Es evidente la necesidad de un cambio de mentalidad para enfrentar el reto del ascenso tecnocientífico acelerado del mundo avanzado, que amplía también el desequilibrio en relación con las llamadas naciones en vía de desarrollo.

Es prioritario el fomento decidido, precedido por la planificación, de la producción científica y tecnológica nacional, proceso en el cual deben comprometerse la Universidad, el sector productivo y el Estado, pasando por la conformación de una política que clarifique el camino a seguir, y su posterior ejecución.

Indudablemente la adecuación lleva consigo un costo en esfuerzo y en dinero, asociado al avance de la capacidad de desarrollo tecnocientífico y al logro de la confianza social en nuestra capacidad de generar, pero constituye una inversión que en el mediano plazo retribuye a nuestra ingeniería, a la producción nacional y a la sociedad en general.

Teniendo en cuenta lo anterior, y con base en un marco filosófico de flexibilidad curricular funcional, en la puesta en práctica de pedagogías modernas y en la interacción e intercambio de experiencias con Centros de Investigación nacionales e internacionales, la Universidad Nacional creó el *Programa de Doctorado en Ingeniería* en 1991, con el propósito fundamental de generar investigadores con un nivel más elevado de formación, para que se desempeñen autónomamente en un campo del conocimiento, y aceleren y mejoren el proceso de avance tecnológico y socioeconómico del país.

## 2. ANTECEDENTES PARTICULARES Y JUSTIFICACIÓN

La ausencia de generación tecnológica ha implicado la adopción de la transferencia como vía casi única de progreso. Es demostrable que ello profundiza la subordinación e incrementa la brecha entre el generador y el receptor del proceso de transferencia, aún cuando existiese la voluntad política del primero de transferir todo lo generado; esta brecha afecta la competitividad de la producción, incidiendo, en últimas, sobre la calidad de vida de quien no genera.

La experiencia acumulada en el período transcurrido desde la iniciación del Programa de Maestría en Ingeniería Química, conduce a la consideración de la suficiencia en el logro de los objetivos que se plantearon al crear dicho Programa de Posgrado.

Las sucesivas evaluaciones que se han realizado hasta ahora sobre el funcionamiento de dicho Programa califican favorablemente el trabajo que allí se realiza, en cuanto a la formación de los

egresados y el cumplimiento satisfactorio de los objetivos internos relacionados con generación de tecnología útil para el desarrollo. La vinculación, como estudiantes, de un número importante de profesores del Departamento de Ingeniería Química a la Maestría ha facilitado la conformación de equipos de trabajo con la motivación suficiente y la formación adecuada para producir nuevas tecnologías. Al disponerse de un año para la formación fundamental y de otro año para la realización de la Tesis de Magister, aunque se logra una formación investigativa, ésta no tiene la profundidad ni la continuidad requeridas para un trabajo investigativo de gran alcance que represente un aporte científico o tecnológico original a la solución de problemas nacionales. Cuando el estudiante comienza su verdadera producción intelectual, su ciclo académico debe darse por terminado, para retomarlo entonces con un nuevo estudiante de la Maestría.

Se requiere, en consecuencia, una mayor dedicación al trabajo investigativo, para el logro de los propósitos planteados para el Programa de Doctorado en Ingeniería. Esa mayor dedicación hace referencia tanto a la cantidad de tiempo como a la intensidad de la labor en el mismo, lo cual solo se consigue con la exclusividad de la tarea investigativa por un mínimo de tres años, a nivel de Doctorado.

El actual programa de Maestría en Ingeniería Química desarrolla cuatro áreas de énfasis: Procesos Catalíticos, Procesos de Polimerización, Procesamiento de Carbones e Ingeniería Bioquímica.

Catálisis y Polímeros son áreas íntimamente vinculadas a los procesos petroquímicos que se proponen como uno de los ejes del Programa de Doctorado en Ingeniería Química. Así, se tiene que la propia ECOPETROL concentra con largueza los procesos catalíticos más importantes del país y posee los productos requeridos para las polimerizaciones o está en posibilidad de producirlos. Los polímeros son, en su inmensa mayoría, derivados petroquímicos.

Por otra parte, el campo de la Carboquímica se constituye en un área de desarrollo, económica, tecnológica y estratégicamente prioritaria para el país.

Finalmente, la Biotecnología en Colombia se ha desarrollado aceleradamente en los últimos años, particularmente en su aspecto fundamental y teórico. En el mercado nacional existen productos de consumo, obtenidos con ayuda de los avances de la biotecnología industrial, la cual para su implementación ha tenido que recurrir a las tecnologías importadas y de transferencia. Para superar esta situación, es indispensable la formación de profesionales en el país, capaces de aplicar conceptos de ingeniería a los procesos desarrollados en laboratorios biotecnológicos. Por lo tanto, en las universidades colombianas es hora de reforzar considerablemente la investigación en Ingeniería Bioquímica, en los diferentes niveles de Pregrado y Posgrado. El estudio detallado y la utilización de los resultados de este campo de investigación permitirán acortar distancias entre las diferentes áreas de la biotecnología y su aplicación industrial.

Es claro, entonces, que el Doctorado en Ingeniería Química estimulará una mayor profundización en las áreas de énfasis que se han venido trabajando en el Programa de Maestría.

Los resultados de las Tesis de Doctorales, realizadas con la colaboración de otras instituciones y

empresas, contarían, además, con una posibilidad más cercana de ser llevados a la práctica, bien por la propia empresa o por alguna otra con la cual se logre la negociación tecnológica. Se trataría, en consecuencia, de la posibilidad de una cooperación para beneficio de las instituciones y del país.

En conclusión, el Consejo Académico de la Universidad Nacional autorizó en Noviembre de 1997 la inclusión del Área de Ingeniería Química en el Programa de Doctorado en Ingeniería principalmente por los siguientes motivos: la solidez y tradición de 50 años del Pregrado; la experiencia flexible de 11 años de labores en la Maestría; la necesidad de contar con investigadores a un nivel más elevado de formación para desempeñarse autónomamente en el campo de la Ingeniería Química; la exigencia de crear, adaptar o innovar procesos cada vez más eficientes, técnica, económica y ambientalmente; las ventajas para la Ingeniería Química nacional de agregar valor a la producción y de incorporar conocimiento a los productos; la necesidad de capacitar al más alto nivel profesores universitarios, para que incrementen y mejoren el trabajo docente e investigativo en el país, y la evidente importancia de fomentar la interacción real entre la Universidad y su entorno para el estudio y solución de problemas nacionales de carácter ingenieril.

### **3. PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERÍA QUÍMICA**

#### **3.1 Reseña Histórica**

El Programa de Doctorado en Ingeniería fué creado el 11 de Septiembre de 1991, mediante el Acuerdo 82 del Consejo Superior Universitario; el Plan de Estudios del Programa Académico de Doctorado en Ingeniería se aprobó el 11 y 12 de Octubre de 1991, mediante el Acuerdo 15 del Consejo Académico, y la autorización del Área de Ingeniería Química como área del Programa de Doctorado en Ingeniería se aprobó el 12 de Noviembre de 1997, mediante Acuerdo 19 del Consejo Académico. El Programa inicia labores en Febrero de 1999, tiene una duración de tres años en tiempo completo y conduce al Título de **Doctor en Ingeniería – Área de Investigación Ingeniería Química.**

#### **3.2 Objetivos**

Con la inclusión del Área de Ingeniería Química en el Programa de Doctorado en Ingeniería, se persiguen los siguientes objetivos: de desarrollo, académicos y de integración.

##### **3.2.1 Objetivos de Desarrollo:**

- Vincular el trabajo investigativo y académico con requerimientos e intereses nacionales y regionales.
- Generar, por medio de la ejecución de proyectos integrados, ciencia y tecnología adecuadas a las necesidades y prioridades de la industria nacional.
- Adecuar y divulgar tecnologías modernas, aplicables al sector productivo.

- Ofrecer, desde la Universidad, la tecnología propia que permita la creación de industria química de importancia para el país.

### 3.2.2 Objetivos Académicos:

- Formar investigadores en Ingeniería Química que puedan desempeñarse de manera autónoma en las áreas de investigación que sirven de base al Programa, mediante la realización de un trabajo de Tesis individual que represente un aporte científico o tecnológico original.
- Capacitar profesores universitarios que incrementen y mejoren el trabajo docente e investigativo en el país.
- Estimular en los profesionales adscritos al Programa su capacidad creativa e innovadora.
- Fomentar la interacción entre la Universidad y su entorno para el desarrollo de estudios e investigaciones y para el intercambio de experiencias en el campo de la Ingeniería Química.
- Formar profesionales de la Ingeniería Química, de alta calificación, capaces de analizar y generar procesos de transformación para beneficio nacional.
- Inducir la creación de una base científica y tecnológica nacional que permita abordar con propiedad los problemas de interés nacional y sus soluciones.

### 3.2.3 Objetivos de Integración:

- Enlazar los proyectos de investigación locales con los desarrollos de otras Instituciones nacionales, en procura de una mayor racionalización y productividad del trabajo.
- Establecer relaciones académicas e investigativas con Universidades y Centros de Investigación, nacionales e internacionales para darle un mayor alcance y contextualización a las áreas de énfasis del Programa.

### 3.3 Concepción General del Plan de Estudios:

El Plan de Estudios del Programa de Doctorado en Ingeniería, mostrado a continuación, se desarrolla fundamentalmente a través de actividades de investigación y exige la realización de una Tesis individual que constituya un aporte original a la ciencia, la tecnología o sus aplicaciones.

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| • <i>Primer Semestre</i>  | Curso Dirigido I<br>Seminario Doctoral I                              |
| • <i>Segundo Semestre</i> | Curso Dirigido II<br>Seminario Doctoral II<br>(Evaluación Integral I) |
| • <i>Tercer Semestre</i>  | Tesis   |

(Evaluación Integral II)

- *Cuarto Semestre* Tesis
- *Quinto Semestre* Tesis
- *Sexto Semestre* Tesis  
(Sustentación)

Los Cursos Dirigidos se realizan en la modalidad individual sobre tópicos especiales, de acuerdo con el tema de la Tesis de investigación del estudiante.

Los Seminarios tienen como propósito principal la preparación del Proyecto de Tesis Doctoral.

Al finalizar el segundo semestre, los alumnos deben presentar la primera parte de la Evaluación Integral, la cual versará sobre el estado del conocimiento relacionado con el tópico de la Tesis. A más tardar un semestre después de haber aprobado la primera parte, el estudiante presentará la segunda, la cual consistirá en la exposición, ante el Comité Asesor, de una propuesta de investigación en la que se demuestre claramente la originalidad del tema, la idoneidad y capacidad del estudiante para alcanzar los objetivos y la factibilidad de obtenerlos en un tiempo prudente.

El Programa de Doctorado puede desarrollar parcialmente las actividades de su Plan de Estudios en otras Universidades o Instituciones de Investigación del país o del exterior.

Los estudiantes deben presentar y sustentar públicamente la Tesis Doctoral y obtener su aprobación de un Jurado, compuesto al menos de tres profesores, uno de los cuales un investigador con reconocida trayectoria internacional.

Las Áreas de Énfasis que se ofrecen son: Procesos Catalíticos, Procesos de Polimerización, Ingeniería y Diseño de Reactores, Procesamiento de Carbones e Ingeniería Bioquímica.

#### 4. CONCLUSIONES

- La funcionalidad de la estructura curricular del Programa de Doctorado en Ingeniería facilita la inclusión de áreas de investigación que por su trayectoria, recursos y nivel de desarrollo sean autorizadas por el Consejo Académico. Tales son los casos de las áreas de Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, aprobada en Octubre de 1991 para la Sede de Medellín, e Ingeniería Química, aprobada en Noviembre de 1997 para la Sede de Santafé de Bogotá.
- La creación e iniciación del Doctorado en Ingeniería, caso particular de Ingeniería Química, lleva consigo un costo en esfuerzo y en dinero, asociado al avance de la capacidad de desarrollo científico y tecnológico y al logro de la confianza social en nuestra competencia para generar; sin

embargo, constituye una inversión que en el mediano plazo retribuye a nuestra ingeniería, a la producción nacional y a la sociedad en general.

## AGRADECIMIENTOS

Un especial reconocimiento a la estudiante de último semestre de Ingeniería Química Ximena Muñoz Sánchez por la valiosa colaboración para la preparación y presentación de este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, CONSEJO SUPERIOR UNIVERSITARIO, Acuerdo 82 de 1991.
2. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, CONSEJO ACADÉMICO, Acuerdo 15 de 1991.
3. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, CONSEJO ACADÉMICO, Acuerdo 19 de 1997.
4. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, COMITÉ ASESOR DE POSGRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA, "Posgrado en Ingeniería Química. Doctorado en Ingeniería Química", Bogotá, 1992.
5. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, DIRECCIÓN CURRICULAR DE INGENIERÍA QUÍMICA, archivos y documentos varios, Bogotá, 1992 – 1998.
6. CASTELLANOS, Oscar; RUEDA, Ma. Angélica, y RAMÍREZ, Julio César, "Importancia de la Ingeniería Química en el Desarrollo de la Biotecnología Industrial", Ingeniería e Investigación, No. 41 (en prensa).
7. CARBALLO, Luis, y RIVEROS, Marcelo, "Maestría en Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia – Bogotá: Una Experiencia Flexible", XVIII Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería: Postgrados en Ingeniería, ACOFI, Cartagena, 1998.

# LA REFORMA DEL POSTGRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - SEDE MEDELLÍN : ESQUEMAS FLEXIBLES, NUEVOS PROGRAMAS Y RETOS PARA EL TERCER MILENIO.

\* **Demetrio Arturo OVALLE CARRANZA**  
e-mail: dovalle@perseus.unalmed.edu.co

\*\* **Fernando ARANGO ISAZA**  
e-mail: farango@perseus.unalmed.edu.co

\*\* **Isaac DYNER REZONZEW**  
e-mail: idyner@perseus.unalmed.edu.co

\* Director Académico del Postgrado  
\*\* Miembro del Comité Asesor

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Sede Medellín**  
Postgrado en Ingeniería de Sistemas, Facultad de MINAS  
Calle 65 No. 78-28, Bl. M1, piso 4o  
Tel : (94) 422 00 22 ext : 5521, Fax : (94) 435 06 20 ó 234 10 02

**Resumen :** Este artículo tiene por objetivo presentar una síntesis reflexiva sobre la propuesta de reforma del postgrado en Ingeniería de Sistemas, la cual se empezó a concebir desde hace varios meses. Esta reforma corresponde a la primera que se realiza, desde que el Postgrado inició labores en 1991. Para corregir los problemas que presentan los programas curriculares actuales tales como: Nuevas líneas de investigación no contempladas, planes de estudio rígidos, recursos docentes subutilizados, etc. se decidió proponer una reforma que contempla aspectos fundamentales como son los siguientes: Flexibilidad en los planes curriculares, oferta de un abanico amplio de programas de especialización, optimización de recursos docentes y apoyo a la promoción en los programas de postgrado.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Postgrado en Ingeniería de Sistemas, de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, inició sus labores ofreciendo dos programas de Especialización en Sistemas en los campos de la administración de sistemas informáticos y de las metodologías de la programación y bases de datos. Adicionalmente se ofrece el programa de Maestría en el área

general de Sistemas [2] [3]. Para finales del año 1993, se contaba ya con un buen número de graduados, una base sólida de investigadores y un conjunto de líneas de trabajo definidas. Al inicio del año 1994, y en concordancia con los intereses particulares de los grupos de trabajo, y los intereses particulares del mercado, se tomó la decisión de expandir el grupo de programas de especialización ofertados, para permitir una mejor concentración sobre campos específicos del área, y la decisión de reducir al mínimo posible las asignaturas obligatorias del programa de Maestría, para permitir una mejor asociación de la componente académica con el tópico específico de la componente investigativa [1].

Es así que, en la actualidad, el Postgrado tiene registrado un total de **100 graduados**, discriminados en los tres programas siguientes: Maestría en Ingeniería de Sistemas (**21**), Especialización en Metodologías de la Programación y Bases de Datos (**38**) y Especialización en Administración de Sistemas Informáticos (**41**). En el semestre 01/98 el postgrado cuenta con **35 estudiantes**, matriculados en los tres programas.

## **2. MOTIVACIÓN DE LA REFORMA**

La necesidad de la reforma se sustenta en las siguientes premisas básicas [1]:

- El desarrollo de los grupos de investigación del Postgrado ha promovido la creación de nuevas áreas y líneas de trabajo, las cuales no están cubiertas plenamente en los planes de estudio actuales.
- Los planes de estudio no son adecuados actualmente, éstos fueron creados obedeciendo a criterios existentes en la UNAL-Bogotá, en los inicios del postgrado (1991), por lo que no se ha logrado hasta la fecha el volumen de estudiantes deseable.
- Los planes son rígidos en cuanto a las asignaturas y a su contenido y no le permiten a los estudiantes y grupos de investigación acomodarlos a sus necesidades.
- Los recursos docentes no son usados plenamente, generándose la paradoja de que no se encuentran profesores para los cursos, existiendo capacidad docente disponible.

Bajo estas premisas se concibió una reforma cuyos lineamientos principales son los siguientes:

- Ofrecer un abanico amplio de programas de especialización (nuevos programas) que puedan ofrecerse de forma selectiva según las necesidades del mercado, la orientación de los grupos de investigación y la disponibilidad de docentes.
- Optimizar recursos docentes a través de asignaturas generales obligatorias, comunes a todos los programas (maestría y especializaciones).
- Ofrecer programas de especialización versátiles (esquemas flexibles) basados en un grupo reducido de materias obligatorias (su núcleo) que ha de ser complementado ya sea con materias de los otros programas (haciéndolo más interdisciplinario) o con materias electivas del mismo programa (haciéndolo más profundo), en concordancia con las necesidades del estudiante.
- Ofrecer un programa de Maestría en el que la gran mayoría de sus materias sean electivas, que deben ser tomadas, unas de las ofrecidas en los programas de especialización (que se concentran en presentar el "estado del arte" en las diferentes áreas), y otras de las ofrecidas por los grupos de investigación (que se concentran en presentar los "tópicos de investigación" que se desarrollan en las áreas), para permitirle al estudiante que conforme un programa acorde a las necesidades de su proyecto de tesis.

- Permitirle a los estudiantes graduados en las especializaciones continuar con el programa de Maestría sin necesidad de ser readmitidos y sin necesidad de cursar de nuevo asignaturas vistas y que le son pertinentes a su área de trabajo. Promover además, bajo esta modalidad, el ingreso de los estudiantes de especialización, con base en su perfil y rendimiento, una mejor selección de éstos, con el fin de que prosigan con el programa de Maestría.

### 3. EL PROGRAMA DE MAESTRÍA

El programa de Maestría se orienta hacia la formación de investigadores y al desarrollo de la investigación en el campo general de la Ingeniería de Sistemas. Están previstas áreas de énfasis en Ingeniería de Software, Inteligencia Artificial e Investigación Operacional. Involucra la elaboración, por parte del estudiante, de un trabajo de Tesis con el carácter de una contribución al área específica del conocimiento.

Para optar al título de Maestría, el estudiante requerirá permanecer cuatro semestres de tiempo completo en la Universidad; durante los dos últimos semestres deberá adelantar una investigación o tesis, bajo la dirección de un profesor adscrito al Postgrado [4]. El trabajo de tesis desarrollado podrá ser teórico o práctico, deberá contener aportes originales a soluciones de problemas planteados, y tendrá que ser sustentado públicamente. Como apoyo a la elaboración de la tesis, el estudiante debe además cursar asignaturas específicas a su tópico de estudio, ya sea de las ofrecidas en las especializaciones, de las ofrecidas en las líneas de investigación del Postgrado, o de las ofrecidas en otros Postgrados.

#### Programa actual

##### *Objetivos generales:*

- Fomentar la investigación en las ciencias y tecnologías enfocadas hacia la satisfacción de las necesidades del país en el área de la Ingeniería de Sistemas.*
- Formar profesionales creativos, capaces de generar y adaptar conocimientos sobre el campo de acción de la Ingeniería de Sistemas.*
- Capacitar docentes e investigadores en el campo de la Ingeniería de Sistemas, para las universidades e institutos de investigación del país.*

##### *Objetivos específicos*

*Formular, evaluar y proponer soluciones a problemas relacionados con:*

- El planeamiento, el análisis, el diseño, la implantación y la evaluación de sistemas complejos de computación.*
- Los fundamentos matemáticos de los modelos de la Investigación de Operaciones, tanto determinísticos como estocásticos, y las aplicaciones de dichos modelos en problemas reales.*
- El análisis, diseño, implantación y administración de sistemas complejos de información y/o decisión.*
- El diseño y desarrollo metodológico de sistemas inteligentes y basados en conocimientos que resuelven problemas complejos.*

### Plan de estudio

El plan de estudios actual es el siguiente:

<b>PROGRAMA DE MAESTRIA EN INGENIERIA DE SISTEMAS</b>			
<b>NIVEL</b>	<b>CODIGO</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>INTENSIDAD (H/S)</b>
<b>Primer semestre</b>	S4-600	• <i>Teleinformática avanzada</i>	4
	S4-570	• <i>Análisis y diseño de algoritmos</i>	4
	S4-550	• <i>Programación Matemática a Gran Escala</i>	4
	S4-800	• <i>Metodología de la Investigación</i>	2
<b>Segundo semestre</b>	S4-560	• <i>Teoría de Máquinas Automáticas y Computación</i>	4
		• <i>Asignatura electiva</i>	4
	S4-810	• <i>Seminario de Investigación</i>	2
<b>Tercer semestre</b>		• <i>Asignatura electiva</i>	4
	S0-530	• <i>TESIS</i>	26
<b>Cuarto semestre</b>	S0-530	• <i>TESIS</i>	26

### Plan curricular reformado

El plan de estudios propuesto en la reforma es el siguiente:

<b>PROGRAMA DE MAESTRIA EN INGENIERIA DE SISTEMAS</b>	
<b>NIVEL</b>	<b>ASIGNATURAS</b>
<b>Primer semestre</b> (14 H/S)	<p>Cuatro (4) <b>asignaturas obligatorias generales</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tres asignaturas de núcleo en las tres áreas siguientes del Postgrado:               <ul style="list-style-type: none"> <li>* Area de Investigación Operacional (4 H/S)</li> <li>* Area de Ingeniería de Software (4 H/S)</li> <li>* Area de Inteligencia Artificial (4 H/S)</li> </ul> </li> <li>• Una Asignatura Obligatoria del Postgrado:               <ul style="list-style-type: none"> <li>* Metodología de la Investigación (2 H/S)</li> </ul> </li> </ul>
<b>Segundo semestre</b> (10 H/S)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dos (2) <b>asignaturas obligatorias de área</b>, en una de las áreas de énfasis siguientes (8 H/S): Investigación Operacional, Ingeniería de Software, Inteligencia Artificial</li> <li>• Un (1) seminario de investigación (seminario I) (2 H/S)</li> </ul>
<b>Tercer semestre</b> (32 H/S)	<p>Una (1) <b>electiva</b> en cualquiera de las siguientes áreas de énfasis (4 H/S): Investigación Operacional, Ingeniería de Software, Inteligencia Artificial, Otras áreas u otros Postgrados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tesis (26 H/S)</li> <li>• Un (1) seminario de investigación (seminario II) (2 H/S)</li> </ul>
<b>Cuarto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tesis (26 H/S)</li> </ul>

semestre (28 H/S)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un (1) seminario de investigación (seminario III) (2 H/S)</li> </ul>
----------------------	---

El plan curricular que se propone cambia de un esquema rígido de asignaturas a uno flexible en el cual se conforma un núcleo básico de asignaturas para el primer semestre académico en las tres áreas de fortaleza del Postgrado. En el segundo y tercer semestres los estudiantes tienen la posibilidad de profundizar en el área de énfasis escogida, así como de escoger dentro de un abanico de electivas propuestas por las otras áreas de énfasis e incluso por otros postgrados. Los estudiantes de Maestría deberán cursar al menos una asignatura exclusiva de maestría, en el área de énfasis correspondiente, y todos los seminarios de investigación y Tesis de Maestría programados (ver tabla del plan curricular). Los seminarios de investigación, en los semestres tres y cuatro tienen por objeto hacer un seguimiento exhaustivo del avance, en el trabajo de tesis, realizado por el estudiante.

#### 4. LOS PROGRAMAS DE ESPECIALIZACIÓN

Los dos programas de especialización existentes desde 1991 hasta 1998, a saber: Administración de Sistemas Informáticos y Metodologías de la Programación y Bases de Datos, estaban regidos por un plan curricular fijo, compuesto por 8 asignaturas, repartidas en 3 semestres académicos. Los dos programas tienen como característica el no compartir ningún núcleo común de asignaturas, lo cual fomenta una subutilización de docentes y una carencia de conocimientos fundamentales de cada una de las especializaciones con respecto a la otra.

Adicionalmente, estos programas de especialización no contemplan las nuevas áreas y líneas de investigación que se han estado gestando en estos últimos años en el postgrado. Es así como se propone un plan curricular general reformado (ver cuadro), el cual se puede instanciar con las cinco especializaciones siguientes, que se proponen: Ingeniería de Software, Inteligencia Artificial, Investigación de Operaciones, Ingeniería de Software Educativo y Gerencia de Sistemas Informáticos. Este plan curricular propone conformar un núcleo básico de asignaturas para todas las especializaciones, durante el primer semestre académico, lo cual optimiza el recurso docente a la vez que fortalece los conocimientos fundamentales en el área de la Ingeniería de Sistemas e Informática. En el segundo y tercer semestres los estudiantes tienen la posibilidad de profundizar en el área de énfasis escogida, así como de escoger dentro de un abanico de electivas propuestas por las otras áreas de énfasis e incluso por otros postgrados.

#### PLAN CURRICULAR GENERAL REFORMADO

<b>ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS</b>	
<i>AREA DE ÉNFASIS (Ingeniería de Software, Inteligencia Artificial, Investigación de Operaciones, Ingeniería de Software Educativo ó Gerencia de Sistemas Informáticos)</i>	
NIVEL	ASIGNATURAS
<b>Primer semestre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tres (3) <b>asignaturas obligatorias generales</b> en las tres áreas siguientes del Postgrado:               <ul style="list-style-type: none"> <li>* Area de Investigación Operacional</li> <li>* Area de Ingeniería de Software</li> <li>* Area de Inteligencia Artificial</li> </ul> </li> </ul>

<b>Segundo semestre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dos (2) <b>asignaturas obligatorias del área de énfasis</b></li> <li>• Una (1) <b>electiva</b> en cualquiera de las siguientes áreas de énfasis: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación Operacional</li> <li>• Ingeniería de Software</li> <li>• Inteligencia Artificial</li> <li>• Gerencia de Sistemas Informáticos</li> <li>• Ingeniería de Software Educativo</li> <li>• Otras áreas u otros Postgrados</li> </ul> </li> </ul>
<b>Tercer semestre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dos (2) <b>electivas</b> en cualquiera de las siguientes áreas de énfasis: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación Operacional</li> <li>• Ingeniería de Software</li> <li>• Inteligencia Artificial</li> <li>• Gerencia de Sistemas Informáticos</li> <li>• Ingeniería de Software Educativo</li> <li>• Otras áreas u otros Postgrados</li> </ul> </li> <li>• Un (1) <b>Trabajo Final</b></li> </ul>

## 5. CONCLUSIONES

Los principales beneficios obtenidos de la reforma emprendida en el Postgrado en Ingeniería de Sistemas, la cual comenzará a regir a partir del semestre 01 de 1999, son los siguientes:

- Flexibilidad en los planes curriculares, pasando de un esquema rígido de asignaturas a un esquema versátil basado en un grupo de asignaturas de núcleo complementado con asignaturas propias del área de énfasis y con electivas de otras áreas y programas.
- Oferta de un abanico amplio de programas de especialización, pasando de dos especializaciones (Administración de Sistemas Informáticos y Metodologías de la Programación y Bases de Datos) a cinco (Ingeniería de Software, Inteligencia Artificial, Investigación de Operaciones, Ingeniería de Software Educativo y Gerencia de Sistemas Informáticos).
- Optimización de recursos docentes, pues se logró conformar un núcleo básico de asignaturas para todas las especializaciones, al tiempo que fortalece los conocimientos fundamentales en el área de Ingeniería de Sistemas e Informática.
- Apoyo a la promoción en los programas de postgrado, facilitando a los mejores estudiantes la transferencia entre los programas de especialización y el programa de maestría.

## 6. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] OVALLE C. Demetrio A., ARANGO I. Fernando, DYNER R. Isaac, Propuesta de reestructuración del Postgrado en Ingeniería de Sistemas, abril de 1998, Medellín, 90 pp.
- [2] BOLETÍN-97-98. Programas de Postgrado en Ingeniería de Sistemas. Enero de 1997, Medellín, 36 pp.
- [3] EXTENSIÓN UNIVERSITARIA. Catálogo de Servicios de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. Enero de 1997, Medellín, 210 pp.
- [4] VICERRECTORIA ACADÉMICA. Relagmento de los estudios de Postgrado, Acuerdo 119 de 1987 - Consejo Superior Universitario, Universidad Nacional de Colombia, Diciembre de 1987, Bogotá, 31 pp.

# LOS DOCTORADOS EN INGENIERÍA EN COLOMBIA

Ing. Antonio Mejía Umaña. Msc, PhD.  
Universidad Nacional de Colombia

Aunque la formación a nivel internacional de investigadores en el seno de nuestras universidades- y por lo tanto la creación y consolidación de Programas de Doctorado- es un paso necesario en el proceso educativo colombiano, es innegable que trae consigo una serie de riesgos y de peligros de los cuales es fundamental estar conscientes antes de emprender una ciega carrera de competencia entre las diferentes Universidades.

Un Programa de Doctorado implica una serie de inversiones y esfuerzos institucionales que contrastan fuertemente con la cantidad de estudiantes que puede tener dicho programa. Se propone a la Ingeniería Colombiana asumir un mayor liderazgo a nivel nacional en la discusión sobre la dirección de la Investigación en Ingeniería en busca de consenso para definir objetivos muy concretos en Ciencia y Tecnología que vayan más allá de una enumeración más o menos lógica de necesidades en cada uno de los sectores.

## 1. NECESIDAD DE LOS DOCTORADOS EN INGENIERIA

En el último lustro, se ha venido insistiendo- desde los más diversos ángulos- en la necesidad de dar un impulso decidido a los doctorados en Ingeniería en Colombia. De forma global, la Misión Ciencia, Educación y Desarrollo (Ref. 1) dice en sus Recomendaciones Acerca de Ciencia y Tecnología *“Se propone aumentar el número de personas dedicadas a la investigación en ciencias naturales y en ciencias sociales, y en aspectos relacionados con el desarrollo tecnológico, por lo menos a una por cada 1.000 habitantes, o sea, a 36.000, cifra que representa un aumento considerable en relación con las 4.500 con quienes cuenta hoy el país. Esto constituye un gran esfuerzo en formación de recursos humanos, ya que para alcanzar este objetivo tendremos que formar en los próximos diez años (1994-2004) 8.000 doctores, 10.000 profesionales especializados y 18.000 tecnólogos y técnicos dedicados a la investigación”*.

Por otra parte el Documento CONPES sobre Ciencia y Tecnología de 1994 (Ref. 2) concretaba como meta del cuatrenio: *“Incrementar significativamente la formación de investigadores y científicos a nivel de doctorado en las distintas áreas de las ciencias naturales y sociales y en las ingenierías. Se ha establecido la meta (para los cuatro años) de apoyar la formación de 2.000 personas a nivel de postgrado con especial énfasis en doctorado”*. (Subrayados míos).

Con base en esta política se han venido creando en el país programas de Doctorado. Hasta finales del año de 1997 existían en el país 27 programas de los cuales 10 fueron creados entre 1995 y 1996. Desafortunadamente, de estos 27 programas sólo 2 eran en Ingeniería (Universidad Nacional- Medellín y Universidad Industrial de Santander), mientras que 17 eran en filosofía, ciencias básicas y ciencias médicas. En 1998 otras cuatro Facultades planean comenzar doctorados en Ingeniería (Universidad del Valle, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad Nacional- Bogotá y Universidad de los Andes).

## 2. DOCTORADO E INVESTIGACION

Hablar de dar impulso a los doctorados implica necesariamente el dar impulso a la investigación. *"La Universidad deberá asumir como núcleo central de sus esfuerzos la generación de conocimiento, tanto socialmente nuevo a través de investigación sobre los problemas sociales relevantes, como universalmente nuevo a través de investigación de frontera"* (Ref. 1). El conocimiento socialmente nuevo del que se habla, se ha venido desarrollando mal que bien en el país, aunque aún falta mucho para que se generalicen en nuestro medio los hábitos y procedimientos propios de una cultura tecnológica que le permitan a Colombia ser interlocutora válida a nivel mundial (la endogenización de la ciencia y la tecnología en la cultura nacional, de la que se habla en la Ref. 1); se debe reconocer que en los programas de Maestría de Ingeniería (pero también en muchos Proyectos de Grado del Pregrado) se ha podido realizar - en muchos casos- la investigación necesaria para llegar a un conocimiento antes inexistente en el país.

La generación de conocimiento "universalmente nuevo a través de investigación de frontera" es, en cambio, el gran reto que se le presenta hoy a la Ingeniería Colombiana; o mejor, a la sociedad colombiana. Colombia tiene que multiplicar los Programas de Doctorado en Ingeniería que le permitan al país comenzar a mover las fronteras del conocimiento a nivel internacional.

La gran pregunta es : ¿Y a quién van a beneficiar las innovaciones tecnológicas que salgan de las investigaciones que se realicen en los programas doctorales de Ingeniería? La tendencia natural de los PhDs formados en el exterior, es la de volver al país para tratar de continuar las investigaciones que comenzaron en los países donde obtuvieron sus títulos. Esas innovaciones logradas- aunque son aportes tecnológicos y/o científicos a nivel mundial- son parte de Programas de Investigación cuyos objetivos sólo tienen sentido como solución a problemas concretos y a estrategias concretas de desarrollo que se han identificado en otros países. Para Colombia esos problemas pueden no ser prioritarios, ni tener la investigación propuesta la posibilidad de sustentar áreas de desarrollo estratégicas para el país.

## 3. INGENIERIA E INVESTIGACION

La Ingeniería colombiana está urgentemente necesitada de la investigación. Como se plantea en la Ref. 3: si el problema de la falta de investigación en Colombia es grave, es difícil colocar un calificativo de la magnitud requerida para la falta de investigación en Ingeniería. *"El gran problema de la Ingeniería en Colombia es que no hay investigación precisamente en ingeniería"* (Ref. 4). El problema de la investigación en Ingeniería estriba en que ésta, para existir, tiene que realizarse a través de una

vinculación con los problemas reales del país. Esta que puede parecer una ventaja, no lo es, ya que para llevar a cabo dicha investigación se necesita la necesaria colaboración con las entidades en las que se producen los problemas bien sean éstas industrias, entidades de servicios públicas o privadas, o comunidades.

Al no existir una industria nacional fuerte y avanzada, ni entidades en las cuales la realimentación, la estadística y el inventario de problemas sea una costumbre arraigada, se ve enfrentado el ingeniero a una labor de apóstol, promotor de la calidad, gestor de la investigación, realizador del trabajo investigativo en sí y divulgador de sus resultados. Semejante labor titánica queda muy en desventaja con otras opciones de desarrollo que tiene el ingeniero como puede ser la consultoría; la cual es una actividad con adecuado reconocimiento dentro del gremio, tiene mejores incentivos económicos y tiene mayor tradición en el país.

#### **4. LAS DIFICULTADES DEL DOCTORADO EN INGENIERIA**

Si bien es cierto que la formación a nivel internacional de investigadores en el seno de nuestras universidades- y por lo tanto la creación y consolidación de Programas de Doctorado- es un paso necesario en el proceso educativo colombiano, es innegable que trae consigo una serie de riesgos y de peligros de los cuales es fundamental estar conscientes antes de emprender una ciega carrera de competencia entre las diferentes Universidades.

Un Programa de Doctorado implica una serie de inversiones y esfuerzos institucionales que contrastan fuertemente con la cantidad de estudiantes que puede tener dicho programa. Aparte de la inversión que hay que realizar en recursos humanos (apoyo a comisiones doctorales, incentivo económico a profesores muy capacitados para que permanezcan en la Universidad DE TIEMPO COMPLETO) se necesita destinar recursos a la adquisición y modernización de equipos, a las facilidades para la investigación, a la actualización permanente, y a los contactos internacionales (que implican gastos en viajes y atención de visitantes). Por estas razones, el establecimiento de Programas de Doctorado es muy costoso para un país con recursos limitados y debe encararse con mucha cautela.

Antes de empezar a generalizar más esta iniciativa, valdría la pena mirar los problemas que han tenido las Maestrías en Ingeniería en el país. El principal problema que han tenido es que el número de estudiantes es reducido, y aún más reducido el número de ellos que termina su Tesis, aún después de haber terminado con todas las asignaturas del Programa. El problema principal está en que la exigencia de una Tesis de Maestría es muy alta - en especial en Colombia donde hasta cierto punto han llenado el vacío de las Tesis Doctorales- para un estudiante de fines de semana y de horas no laborales. Ese inconveniente se ha subsanado con los Programas de Especialización, los Cursos de Educación Continuada y últimamente con los de Diplomado.

Surgen, inevitablemente, muchas preguntas. Si hay tan pocos candidatos para las Maestrías ¿Será posible conseguir para los Doctorados? ¿Qué le aporta el grado de PhD a un ingeniero en Colombia si no es profesor universitario? ¿Dónde va a publicar el estudiante los resultados parciales o finales de sus investigaciones si no existen publicaciones en Ingeniería que estén en capacidad de absorber trabajos de ese nivel ni en Colombia ni en Iberoamérica? ¿Les interesarán a los investigadores de países avanzados -

que son los jurados de las publicaciones internacionales- los resultados de investigaciones cuyos interrogantes no hayan sido formulados en las metrópolis? Y desde el punto de vista de la Universidad que se lanza a la "aventura" de realizar un Programa Doctoral: ¿Qué le aporta un Programa tan costoso (en términos absolutos y sobretodo en per cápita) a la Universidad que lo hace? ¿Será simplemente un requisito más para acceder a buenos estudiantes, buenos profesores y buenos recursos y así poder tener buenos Pregrados y buenas Maestrías?

## 5. INVESTIGACION DOCTORAL EN INGENIERIA EN COLOMBIA

La investigación en Ingeniería a nivel doctoral en Colombia tiene que satisfacer SIMULTÁNEAMENTE dos requisitos muy fuertes:

- a) Debe ser un aporte a la ingeniería a nivel mundial, condición sin la cual es imposible un título de PhD.
- b) Debe resolver problemas e interrogantes concretos que se presenten en la realidad del sistema productivo (¿En cuál realidad? ¿La de Colombia o la de los países metrópoli?).

La investigación en Ciencias Aplicadas e Ingeniería se distingue de la investigación en Ciencias Básicas en que para el ingeniero investigador NO TIENE SENTIDO plantearse un interrogante al margen de las necesidades del sistema productivo. La investigación en ingeniería requiere de una realimentación permanente del sistema productivo sobre los resultados de la utilización de metodologías, productos o sistemas -o sobre la identificación de necesidades de algunos nuevos- para la identificación de los problemas que se deben resolver. En la búsqueda de soluciones puede echar mano de los resultados de la investigación de las Ciencias Básicas que han estado explorando los VACÍOS en el conocimiento existente. Obviamente, una investigación en Ciencias Básicas que prometa poder aportar conocimientos que luego sean tomados rápidamente por las Ciencias Aplicadas y las Ingenierías, tiene mucha mayor facilidad para conseguir recursos para su investigación.

Los países avanzados han construido desde comienzos de la primera revolución industrial un conjunto de estadísticas, controles, publicaciones, asociaciones y reuniones de diversos tipos, que son un gran sistema circulatorio presente a lo largo y ancho de todo el sistema productivo. Por esa razón ellos identifican mucho mejor que nosotros los problemas y su nivel de urgencia y prioridad. Luego los divulgan a través de variados medios entre la comunidad técnica, tecnológica y científica para que los diferentes grupos de investigación en empresas, centros y universidades, e incluso 'inventores' dispersos, participen en la búsqueda de soluciones. ¿Será que los ingenieros colombianos tendremos que contentarnos con estar solamente en un cabo suelto de ese sistema circulatorio, contentándonos con aportar soluciones a problemas que otros han planteado?

## 6. PROGRESO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA EN COLOMBIA

En los últimos años se ha progresado mucho a nivel de la discusión del Desarrollo Científico y Tecnológico en Colombia. Basta con pasar una mirada retrospectiva y comparar los planes existentes en 1983 (Ref. 5), con los posteriores estudios de la Misión de Ciencia y Tecnología a finales de los 80s

(Ref. 6), con el Informe de los Sabios (Ref. 1), los documentos de Planeación Nacional al respecto (Ref. 4 y 7) y los últimos trabajos de los Consejos de Investigación coordinados por Colciencias (Ref.8). Existen ya, en este momento, políticas del Estado en las que se propone crear o consolidar programas de doctorado en aquellas áreas donde se logre desarrollar centros de excelencia en las universidades del país y apoyar los programas de doctorado por medio de la financiación de programas de investigación y la consolidación de su infraestructura (Ver Ref. 2)

Sin embargo, como se expresa en el Documento CONPES de 1996 (Ref. 7): *“ Aunque se ha avanzado en la consolidación del SNC&T, dicho proceso evidencia una serie de limitaciones y debilidades. Entre éstas se destacan las serias dificultades en la articulación de políticas y acciones entre los Consejos de los Programas Nacionales y las instancias de programación de los respectivos Ministerios, así como la falta de claridad sobre las funciones y responsabilidades de los Ministerios del ramo en cada uno de los Consejos de Programa. Al respecto, es necesario programar un encuentro (seminario-taller) con los Ministerios en donde se definan funciones y se establezcan responsabilidades. Por otro lado, existe desarticulación entre los Consejos y las entidades públicas y privadas de investigación pertinentes a cada Programa. Esto pone en peligro la integralidad de las acciones de C&T del Estado, las cuales deben estar enmarcadas en el SNC&T. Es necesario, por lo tanto, que los Ministerios asuman el liderazgo en los distintos Consejos de Programa y refuercen su capacidad de participación en ellos. Adicionalmente, el Ministerio de Relaciones Exteriores debe incorporar un componente de C&T en la agenda internacional, para lo cual debe constituirse una dependencia o grupo de trabajo permanente”.*

La desarticulación aquí señalada tiene como resultado el que las Universidades sigan definiendo sus temas de investigación de acuerdo a sus particulares fortalezas, cuyo origen está en el área en que trabajó en el exterior un profesor que se fue a estudiar, casi siempre motu proprio. Simultáneamente, cuando alguien en una empresa necesita de un desarrollo tecnológico específico, no lo encuentra en el país.

## **7. PROSPECTIVA ECONOMICA**

Si Colombia se coloca en la punta del conocimiento en algún área muy específica de la ingeniería mundial, debe ser para apoyar un sector de la economía que pueda brindar reales oportunidades para las empresas del país de convertirse en líderes a nivel mundial; sean estas empresas públicas o privadas; del sector primario, del industrial o del de servicios. Aunque existen políticas globales para el desarrollo de la competitividad en el país con miras a la necesaria globalización e internacionalización de la economía, falta aún un nivel de definición mayor con respecto a las áreas estratégicas específicas que debe escoger Colombia para su desarrollo en el próximo futuro.

## **8. PAPEL DE LA INGENIERIA NACIONAL EN EL PROCESO**

La Ingeniería Colombiana como comunidad profesional, como gremio, ha estado ausente de las discusiones de nivel nacional desde hace muchos años. El surgimiento de un gran número de especialidades desde los años 50, la multiplicación de las asociaciones profesionales y la progresiva

masificación de la Ingeniería que algunos no han dudado en calificar de “tugurización” han tenido como resultado un marginamiento apático de la Ingeniería de los diferentes foros de discusión de nivel nacional. Es tan crítica la situación que propuestas como la contenida en el Plan de Desarrollo 1994-98 en la cual se plantea una concertación con las organizaciones médicas, de consultores e ingenieros para concretar mecanismos especiales de fomento a las exportaciones de servicios profesionales especializados (Ver el capítulo sobre Estrategias para la Competitividad- Plan Estratégico Exportador-Servicios), quedan en el vacío por falta de presencia del gremio.

Es necesario, entonces, recomponer el tejido del gremio y entrar con decisión en el ejercicio de la discusión multisectorial en busca de consenso para definir objetivos nacionales muy concretos en Ciencia y Tecnología que vayan más allá de una enumeración más o menos lógica de necesidades en cada uno de los sectores. Sólo así se superará el estado actual de planificación inconexa y que se queda en el papel y se podrán definir metas realistas, coherentes con lo que somos y lo que podemos ser en el futuro cercano.

## 9. CONCLUSIONES

Aunque el establecimiento de doctorados en Colombia es una innegable necesidad es indispensable estar conscientes de la dificultad de realizar investigación de frontera en Ingeniería en Colombia y de sostener unos costos programas para un número muy reducido de estudiantes. En consecuencia, es indispensable identificar algún sector de la economía que pueda brindar reales oportunidades para las empresas del país de convertirse en líderes a nivel mundial de tal forma que dicha investigación se justifique. La Ingeniería nacional debe asumir la iniciativa de buscar un consenso para definir objetivos nacionales muy concretos y realistas.

## REFERENCIAS

- 1- MISION CIENCIA, EDUCACION Y DESARROLLO, “Colombia: al filo de la oportunidad”, Informe de la Misión de Sabio., 1996, Bogotá.
- 2- CONSEJO NACIONAL DE POLITICA ECONOMICA Y SOCIAL, “Política Nacional de Ciencia y Tecnología”, Documento CONPES No. 2739, Noviembre de 1994, Bogotá.
- 3- ANTONIO MEJIA UMAÑA (Relator), “Actualización y Modernización del Currículo en Ingeniería Eléctrica y Electrónica”, ACOFI, ICFES, 1996, Bogotá.
- 4- PEDRO AMAYA PULIDO, “Internacionalización, Competitividad e Ingeniería”, Conferencia, Seminario Nacional para la Actualización y Modernización del Currículo en Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 27 de Julio de 1995, Pereira.
- 5- COLCIENCIAS, MEN, DNP. “Plan de concertación nacional en ciencia y tecnología para el desarrollo 1983- 1986”, 1983, Bogotá.
- 6- FONADE , MEN, DNP “Misión de Ciencia y Tecnología”, 1990, Bogotá.
- 7- CONSEJO NACIONAL DE POLITICA ECONOMICA Y SOCIAL, “Seguimiento a la Política Nacional de Ciencia y Tecnología”, CONPES No. 2739, Noviembre de 1994, Bogotá.
- 8- CONSEJO DEL PROGRAMA NAL. DE INV. EN ENERGIA Y MINERIA, “Plan Estratégico del Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería 1998- 2002”, 1998, Bogotá

# SISTEMATIZACIÓN DEL POSTGRADO EN ESTRUCTURAS

*Jorge Arturo Márquez, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia*

## Resumen:

El Postgrado en Estructuras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional se inicia en el año 1966, siendo uno de los primeros postgrados en el área de la ingeniería y el primero en el campo de las estructuras, en el país.

La hipótesis fundamental es que en ese tiempo de ejecución del postgrado debe haberse generado conocimiento, en el campo de las estructuras, el de la administración, las concepciones y enfoques pedagógicos, que es necesario *recuperar, analizar y poner a disposición* de los actuales y futuros responsables de ese postgrado, así como de otros programas similares.

La investigación se ha dividido en dos etapas. La primera, ya publicada, trata la información documental y se dividió en cinco categorías. La segunda se adelanta en la actualidad.

## 1. ANTECEDENTES

Con la aprobación y apoyo financiero del Centro de Investigaciones para el Desarrollo Científico CINDEC, de la Universidad Nacional de Colombia, se está realizando la investigación "Sistematización del Postgrado en Estructuras" que pretende recoger la experiencia y el conocimiento generado durante más de treinta años de ejecución del Programa de Postgrado en Estructuras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, con los siguientes objetivos y metodología:

### Objetivos

#### Generales:

1. Colaborar con el desarrollo de los cursos de postgrado en la Facultad de Ingeniería
2. Recuperar conocimientos generados durante la existencia de esos cursos de postgrado.

#### Específicos:

1. Recuperar la historia del desarrollo del Programa de Postgrado en Estructuras.
2. Revisar las orientaciones y enfoques en las diversas etapas del Programa
3. Recopilar los desarrollos investigativos que el Programa haya efectuado
4. Recoger y analizar los distintos aspectos que han estado presentes o han sido utilizados a través del tiempo de ejecución del Programa, y los cuales permanecen en la memoria de los actores
5. Elaborar propuestas sobre la orientación del postgrado en Estructuras.

### Metodología

La metodología utilizada tiene su fundamento en la denominada "Sistematización de la Experiencia", concepción teórica y metodológica conocida y empleada en las ciencias sociales, especialmente para experiencias pedagógicas.

## 2. NECESIDAD DE LA SISTEMATIZACIÓN

El proceso investigativo de la Sistematización es una herramienta indispensable en cualquier actividad que se adelante durante un tiempo suficientemente largo, ya que permite "aprender" -para expresarlo de alguna manera simbólica- a partir de lo acontecido en la misma actividad. Además, actividades como los cursos de postgrado, por su misma esencia dinámicas, no solo requieren ser evaluadas periódicamente sino comprenderlas, analizarlas y proyectarlas al futuro ("reformulación de la acción"), para lo cual se requiere un proceso investigativo como la Sistematización.

El postgrado en Estructuras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional tiene particularidades, de las cuales a manera de ejemplo se pueden citar algunas:

Se inicia en 1966, como programa de *magister* y en 1987 se le incluye la modalidad de *especialización*. ¿Significa esto una aceptación de que la orientación inicial (magister) ya no es la única válida, o nunca lo fue?<sup>1</sup>.

Un programa de formación de investigadores (magister) debe descansar sobre líneas y trabajos de investigación existentes y reconocidos. ¿Existen y tienen reconocimiento en la Facultad?

Esos interrogantes, en diversas oportunidades planteados sin que se pueda decir que hay respuestas definitivas, son una muestra clara de la necesidad del proceso investigativo propuesto con la "sistematización". El programa requiere conocer su experiencia, para analizarla y buscar explicaciones válidas a las dificultades y limitantes, para aprender de sus logros y beneficios, para proponer modificaciones adecuadas al contexto actual del país y a los requerimientos de la Universidad, la profesión y sus profesionales.

## 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

La sistematización es un proceso investigativo definido por Sergio Martinic<sup>1</sup> como "trabajo que intencionalmente se hace sobre nuestros relatos y vivencias para hacerlas más claras y significativas para otros. Documenta el proceso de acción traduciéndolo a un lenguaje que va más allá de la vivencia privada para que pueda ser comprendida por los demás. Ubica dentro de él actores y situaciones".

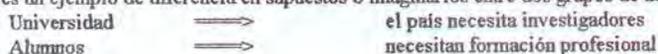
Félix Cadena<sup>2</sup> considera fundamental caracterizar la necesidad de sistematización, identificar las necesidades recurrentes, instaurar estructuras y procesos estables de sistematización. Es muy importante avanzar en el conocimiento de las dimensiones tradicionalmente no documentadas de las experiencias, estudiar las representaciones e interpretaciones de los sujetos participantes, el tipo de percepción que construyen sobre la práctica de trabajo, las posibilidades de realización del cambio y la interacción producida entre actores que quieren darle sentido a la práctica que realizan.

## 4. LA EJECUCIÓN

Con la hipótesis fundamental de que en todo el tiempo de ejecución del Programa debe haberse generado conocimiento (no solo en el campo particular de las estructuras, sino en el de la administración, en el de las concepciones y enfoques pedagógicos), que es necesario *recuperar, analizar y poner a disposición* de los actuales y futuros responsables de ese postgrado así como de los de otros programas similares en esta y en otras universidades, se adelantó la investigación.

Por razones de tipo financiero principalmente se dividió en dos etapas. La primera, ya publicada, buscó la información documental existente para recuperar la intencionalidad inicial y las modificaciones posteriores que permiten descubrir los conflictos e interacciones que surgen a través de la acción. La segunda, actualmente en ejecución, consiste en la recuperación del conocimiento en cabeza de los actores (profesores, estudiantes, directivos).

<sup>1</sup> éste es un ejemplo de diferencia en supuestos o imaginarios entre dos grupos de actores:



Sobre la primera etapa se tiene la publicación realizada en 1996<sup>iii</sup>. De la segunda etapa está en proceso la publicación total de las entrevistas realizadas con profesores y directivos del Programa.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Primera etapa

Los resultados de la primera etapa del proyecto de investigación se presentan en la ya citada publicación, agrupados en cinco categorías diferentes: historia, estructura del programa, investigación, evaluaciones, los actores del programa.

A continuación se hará referencia sucinta a los resultados obtenidos en cada una de esas categorías, en especial a los comentarios consignados por el investigador.

#### 5.1.1 Historia de los postgrados en la Facultad de Ingeniería

En el segundo semestre de 1966 se inicia el Programa de Postgrados de la Facultad en cuatro especialidades, Civil, Estructuras, Sanitaria y Transportes con asesoría de la UNESCO. De 1966 a 1969 se hacen sucesivas modificaciones al reglamento de los cursos para graduados en la Facultad de Ingeniería. En 1969 se inicia el Programa de magister en Sistemas. En 1972 el de Potencia Eléctrica. En 1973 el de Geotecnia. Ese mismo año la Universidad expide el Acuerdo 88 que reglamenta por primera vez los cursos de postgrado. En 1975 se inicia el magister en Ingeniería Ambiental. En 1987 se introducen las Especializaciones. El mismo año la Universidad por Acuerdo 119 expide el reglamento aún vigente de los cursos de postgrado.

#### 5.1.2 Estructura del Programa

##### 5.1.2.1 Enfoques y objetivos

A partir de la revisión documental queda claro que en 1966 con los cursos de postgrado la Facultad de Ingeniería se propone la *actualización* de conocimientos. Aunque se menciona la investigación, el propósito inicial no era avanzar en ella sino tan sólo *fomentar el espíritu investigativo*. Este propósito se mantiene hasta 1973 cuando la Facultad hace la precisión que la *investigación* es la *base* de un programa de postgrado.

En 1978 la Universidad Nacional expide el Acuerdo 71 en el que por primera vez presenta objetivos para los postgrados, centrados en promover la investigación técnica, el arte o la filosofía, la preparación de docentes universitarios, la formación de personal científico, el complemento de la formación profesional.

En 1980 precisa la Universidad su enfoque, definiendo dos tipos de estudios de postgrado:

- *educación continuada*, y
- *conducentes a título*, a saber:
  - especialización*, para *ampliar y profundizar conocimientos*
  - magister*, para *profundizar conocimientos y formar investigadores*
  - doctorado*, para *dedicarse a la investigación*.

En el Acuerdo 119 de 1987 el C.S.U. nuevamente presenta una clasificación de los estudios de postgrado -muy similar a la anterior y aún vigente- en la que ya excluye la educación continuada. En este mismo Acuerdo, los objetivos propuestos se reducen en número y su enfoque se podría resumir en:

- *la investigación* (generar nuevas formas de conocimiento)
- *la formación* (de personal altamente capacitado y complementar la de profesionales).

Ya no se habla, como en 1978, de la preparación de docentes, con lo cual la noción de "formación" adquiere un alcance más profundo y ya no relacionada con actividades de actualización no conducentes a título, sino con los programas formales que el mismo Acuerdo especifica, a saber: especialización, magister, doctorado.

### 5.1.2.2 Planes de estudio

El Programa de Postgrado en Estructuras se ha modificado sucesivamente, tanto en su estructura curricular -que se va adecuando al natural desarrollo de los conocimientos a través del tiempo- como en su reglamentación. En los primeros trece años de existencia del Programa se producen repetidas modificaciones en algunos aspectos que, en ocasiones, consisten en volver a adoptar lo ya anteriormente establecido. Por lo contrario, en los siguientes años de vida del Programa, en cuanto a reglamentación se refiere, los cambios son menos frecuentes y sobre aspectos de relativa menor importancia. La Universidad y la Facultad han encontrado ya un modelo satisfactorio que arroja resultados aceptables y que, por consiguiente, no requiere estar siendo cambiado.

En 1987 se produce la modificación más completa del Programa. Se revisan en su totalidad los planes de estudio, la reglamentación, la capacidad docente del programa, los temas de investigación, para concluir proponiendo la adopción de tres distintos planes: especialización, magister y doctorado. Este último no obtuvo aprobación.

### 5.1.3 Investigación

Si bien el reglamento de 1966 muestra una decidida intención de resaltar la parte investigativa del programa de magister, por otra parte hay un marcado énfasis hacia lo procedimental del trabajo de investigación y los boletines de ese año y siguientes apenas la mencionan. Se podría decir, que quienes dirigen el postgrado no le dan la importancia que consigna el reglamento. Por ello se podría explicar el que antes de un año de iniciado el programa, se resolviera eliminar el trabajo de investigación como requisito de grado -lo cual, en la práctica, significaba eliminar la investigación en el postgrado- y que transcurrieran 20 años para que se volviera a reconocer efectivamente la investigación como un componente fundamental, cuando se piensa ya en *líneas de investigación*.

Líneas de Investigación, según la Facultad. 1986-1987:

Resalta que sobre líneas de investigación solo se hable a partir de 1984. Quedan sobre este aspecto interrogantes abiertos: ¿Porqué no existían líneas de investigación antes de esa época? ¿Se estableció el programa de postgrado sin que hubiera conciencia generalizada sobre la necesidad de la investigación? Se incluye desde la iniciación del programa el requisito de elaborar un trabajo final de investigación, a sabiendas de no contar con líneas de investigación ¿Qué se pretendía, entonces, con ese requisito?

Apenas con el transcurrir del tiempo, se logra obtener consenso sobre que:

- a) la investigación debe ser la *base* de un postgrado
- b) la investigación debe descansar sobre *líneas* definidas que caractericen el trabajo de un determinado profesor.

El trabajo presente muestra que en el postgrado en Estructuras existen líneas identificables, que han sido *hormigón, losas, maderas y muros de corte*, y más recientemente los *puentes*.

Tesis realizadas.

La investigación incluyó la elaboración de una base de datos que recoge las tesis realizadas hasta 1984 y las presenta dentro del informe final.

### 5.1.4 Evaluaciones

Aún cuando el Acuerdo 71 de 1978 del C.S.U. y la Resolución 225 de 1979 del Consejo Directivo de la Facultad establecen la necesidad de evaluar periódicamente los programas de postgrado, para el de estructuras no se efectuaron evaluaciones sino a partir de 1986 (veinte años después de iniciado el programa).

En 1986/87, en 1989, en 1991, en 1992 se adelantan evaluaciones formales, en las que se consiguen múltiples (algunas muy repetitivas) anotaciones sobre carencias y limitaciones, pero poco se señala en relación con los logros, excepción hecha de la realizada en 1986/87, en la que claramente

se reconoce haber "cumplido en buena parte" los objetivos previstos. Pareciera, sin embargo, que existe tácito reconocimiento de la bondad y conveniencia del postgrado en estructuras, afirmación que confirma la mayoría de los profesores entrevistados en la segunda etapa de la investigación.

A la luz de lo consignado en todas las ya citadas referencias documentales sobre evaluaciones, a manera de conclusión y resumen, se ha elaborado la siguiente síntesis:

a) Logros del programa:

- formación profesional avanzada a ingenieros
- capacitación de personal docente universitario

b) Principales problemas detectados y sus causas:<sup>2</sup>

Situaciones Problema	Causas (en orden de frecuencia de aparición)
Calidad del programa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta física (inadecuada)</li> <li>• Dedicación de los profesores (parcial)</li> <li>• Nivel académico de los estudiantes al ingresar (bajo)</li> <li>• Financiación (falta de)</li> <li>• Apoyo de las directivas (falta de)</li> </ul>
Investigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material bibliográfico (carencia de)</li> <li>• Equipo de laboratorio (insuficiente)</li> <li>• Equipo de computación (carencia de)</li> <li>• Dedicación de los profesores (parcial)</li> <li>• Nivel académico de los estudiantes al ingresar (bajo)</li> <li>• Líneas de investigación no definidas</li> <li>• Financiación (falta de)</li> </ul>
Deserción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dedicación de los estudiantes</li> <li>• Nivel académico de los estudiantes al ingresar (bajo)</li> <li>• No hay interés de los estudiantes por formarse como investigadores</li> <li>• Recursos económicos de los estudiantes</li> </ul>

### 5.1.5 Los actores del Programa

#### 5.1.5.1 Los profesores

Se puede destacar lo siguiente:

Afortunadamente para el Programa, el profesorado ha sido muy estable.

Como una demostración del logro de uno de los objetivos propuestos para el postgrado, 6 de los 15 profesores se han formado en el Programa.

Del cuerpo de profesores 13% tienen título de Doctor, 47% de Magister, 20% son Especialistas, y el 20% tienen título de ingeniero Civil, sin estudios de postgrado.

#### 5.1.5.2 Los estudiantes

El número promedio de aceptación de ingreso de estudiantes al Programa es de 8,4 por año.

Al analizar el desempeño de los estudiantes que ya han salido del Programa se pueden determinar porcentajes indicativos del beneficio o logros del mismo:

Egresados con título de Magister	30,5%
Egresados con título de Especialista	4,5%
Egresados no aspirantes a título	0,5%

<sup>2</sup> En las evaluaciones consultadas se confunde problemas con causas (no se hace diferencia entre ellos). El presente cuadro es una primera aproximación a diferenciarlos y precisarlos.

<b>Total egresados satisfactoriamente</b>	<b>35,5%</b>
Perdieron (por reglamento)	25,5%
Perdieron por abandono	15,0%
Abandonaron	24,0%
<b>Total retirados sin terminar</b>	<b>64,5%</b>

es decir, alrededor de una tercera parte de quienes ingresaron al Programa lo han terminado satisfactoriamente. Si se tiene en cuenta que quienes se registran con la denominación "abandonaron", en su mayoría pueden haber aprobado un porcentaje significativo de las materias cursadas, se podría aceptar que esos estudiantes, para sus objetivos individuales, obtuvieron el nivel de beneficio esperado y, por consiguiente, se pueden considerar parte de quienes han logrado resultados positivos con el Programa. En este caso, aproximadamente un 60% de los estudiantes que ingresaron al Programa obtuvieron resultados favorables y un 40% no.

Las cifras encontradas arrojan un tiempo promedio de permanencia de tres semestres para los estudiantes que no completan el Programa, valor bastante alto pues se acerca al período mínimo estipulado para la duración del Programa de Magister.

El promedio de permanencia para alumnos graduados (cerca de 8 semestres) es también muy alto, pues es casi el doble del tiempo mínimo de duración del Programa de Magister. Lo anterior sería indicativo de algún grado de ineficiencia en la utilización del recurso por parte de los alumnos.

## 5.2 Segunda etapa

En el estado actual de avance de esta etapa (entrevistas a directivos y a la totalidad de profesores del Programa) se pueden señalar ya algunos resultados:

Existe prácticamente consenso en cuanto a logros del Programa, en particular sobre el aporte a la cualificación de los profesionales en las Estructuras y la formación de profesores. Así mismo en cuanto a que el grado de desarrollo de las estructuras en el país sería diferente si no hubiera existido el Programa desde la época en que se inició. Igualmente en que el Programa corresponde al estado de conocimiento internacional actual y al desarrollo actual y futuro del país.

También es compartida la opinión sobre las dificultades del Programa. Carencias en la investigación, dificultades en la parte docente por la limitación de tiempo de los estudiantes (hay coincidencia en que el nivel y la calidad de los cursos sería muy superior al contar con estudiantes dedicados exclusivamente al Programa).

En relación con los enfoques se presentan divergencias entre los profesores. Quienes mantienen mayor dedicación al ejercicio de la profesión (profesores de vinculación parcial a la Universidad) consideran en general que los contenidos del Programa deben ser más informativos y menos teóricos, por consiguiente recomiendan la modalidad de la especialización. No así quienes se desempeñan prioritariamente en el ámbito universitario, para los que lo deseable y necesario es la formación de profesionales de mayor profundidad teórica. Corresponden entonces estas distintas visiones a la concepción ya definida en el país para las dos modalidades del postgrado a este nivel: la especialización y el magister.

Santa Fe de Bogotá, julio 1998

<sup>1</sup> MARTINIC, Sergio. Elementos metodológicos para la sistematización de proyectos de educación popular - CIDE, Chile 1987

<sup>2</sup> CADENA, Félix. La sistematización como proceso

<sup>3</sup> MÁRQUEZ, J. A., Sistematización del Postgrado en Estructuras, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Santa Fe de Bogotá, 1996

# EXCELENTES CURSOS BÁSICOS UNA CONDICIÓN PARA EXCELENTES POSTGRADOS

*Gladys Amalia Villamarín Torres*  
*Profesora Universidad Nacional, Santafé de Bogotá*  
*Departamento de Matemáticas y Estadística*

**Resumen:** La ponencia se encuentra enmarcada en la temática, “1 - Experiencias pedagógicas”, propuesta por los organizadores del evento.

En todo evento de Ingeniería no puede faltar una ponencia donde se traten temas relacionados con la matemática. No se puede ser ingeniero sin tener una sólida preparación en matemáticas. Es necesario recordar por ejemplo que la Sociedad Colombiana de Matemáticas fue fundada por iniciativa de un grupo de ingenieros colombianos, que eran docentes de la Universidad Nacional. Por todos es conocido y en ocasiones debatido el tema de la mortalidad académica en matemáticas, sin embargo siempre me ha asaltado la duda en lo referente, a sí será que hemos abordado con la debida responsabilidad este problema?

## **Contenido**

La presentación la he diseñado así :

1. Motivar al pregraduando para continuar con el postgrado.
2. Realizar proyectos de investigación interdisciplinario ( Ingeniería, Matemáticas y Estadística).
3. Revisar y analizar metodologías.

# EXCELENTES CURSOS BÁSICOS UNA CONDICIÓN PARA EXCELENTES POSTGRADOS

**Introducción:** Sin ignorar que la metodología para postgrados difiere en gran medida de la de pregrado y por constituirse los postgrados en cualquier rama de la ciencia y de la técnica tanto en una profundización como en una ramificación de los programas de pregrado, los métodos de enseñanza - aprendizaje desarrollados en pregrado inciden de alguna manera en el éxito o en el fracaso de los postgraduantes. Por lo expuesto veo la necesidad de dar a conocer una metodología utilizada durante dos semestres académicos en cursos de ecuaciones diferenciales para estudiantes de Ingeniería, los grupos oscilaron entre 60 y 70 estudiantes.

## **1. Motivar al pregraduando para continuar con el postgrado.**

Una fuerte componente curricular en Ingeniería es la matemática y en menor escala la estadística, sin embargo los tópicos abordados parecen no ser suficientes cuando se empieza a escribir el trabajo de grado, su aplicación en el tema específico en cuestión resulta dificultosa, el estudiante en muchos casos no aprendió a interpretarlos adecuadamente. ¿Dónde radica la falla?

Las asignaturas fueron expuestas de una manera muy teórica? se propusieron y desarrollaron problemas apropiados e inherentes a cada carrera? Son muchos los interrogantes que surgen.

En mi modesta opinión, la clave radica en el profesor, él es quien debe ingeniar la mejor forma de motivación estudiantil que conduzca al joven a profundizar en temas de su interés, lo cual suscita una investigación bibliográfica. Para la realización del postgrado, la responsabilidad reposa en los profesores de ingeniería, las posibilidades y necesidades que suscite el medio laboral.

## **2. Realizar proyectos de investigación interdisciplinario ( Ingeniería, Matemáticas y Estadística).**

En nuestro país no se consolida aún en todas las universidades la cultura del trabajo interdisciplinario. (En la Universidad Nacional hemos avanzado en los últimos tiempos, por lo menos en lo relacionado con aspectos pedagógicos). Es imprescindible impulsar el planteamiento de proyectos donde se vinculen uno o más Ingenieros, uno o más matemáticos, uno o más estadísticos y un estudiante de Ingeniería de sexto semestre en adelante para irlo adiestrando en el proceso investigativo. Al seguir en esta tónica se producirán tesis de grado excelentes con alto grado de competitividad tanto a nivel nacional como internacional. Sus tesis presentarán soluciones a problemas tanto nacionales como de otros países de la región.

Esta metodología permitirá graduar excelente Ingenieros no ajenos a la realidad que los circunda. El resultado de este esfuerzo convergerá en la generación de postgrados de excelente calidad, puesto que el pregraduando estará dotado de las herramientas académicas que lo capaciten para cuestionar tanto la calidad de los programas de postgrado ofrecidos, como la calidad de los docentes que los dirigen. Los trabajos de investigación producidos tendrán un sello de esta naturaleza y nuestro país comenzará a ser considerado por la comunidad científica internacional.

Dónde esta la génesis?

### **3. Revisar y analizar metodologías.**

**3.1.** Este punto está estrechamente relacionado con I. Desde los semestres básicos de la carrera de Ingeniería se ve la imperiosa necesidad de variar las metodologías de enseñanza del profesor, así como las de aprendizaje del estudiante. Un docente puede esforzarse al máximo pero si el estudiante no hace conciencia de que su metodología no es la más adecuada, cualquier amago de cambio por parte del profesor resulta infructuoso.

Al regentar una cátedra el docente debe diseñar metodologías diferentes en concordancia con el número de estudiantes. Otro factor importante es la evaluación del trabajo individual en clase, este es un factor muy relevante para él.

Para concluir este escrito me permito presentar a ustedes la aplicación y análisis de una encuesta aplicada a tres grupos de estudiantes de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional que cursaron la asignatura de ecuaciones diferenciales. El número de inscritos osciló entre 60 y 70 estudiantes.

Hago la observación que la encuesta tiene falencias técnicas, la diseñé con dos propósitos:

1. Conocer la opinión de los estudiantes en cuanto al funcionamiento del curso ( no el de obtener una evaluación docente).
2. Establecer correctivos a mi metodología para este tipo de grupos.

A continuación presento la encuesta, su análisis y resultado.

**3.2. Encuesta Aplicada por Gladys A. Villamarín T. Asignatura Matemáticas IV**

- | NOMBRE | CÓDIGO | GR | FECHA |
|--------|--------|----|-------|
|--------|--------|----|-------|
1. Asistió a clases: 0 a 50% \_\_\_\_\_ 50% a 70% \_\_\_\_\_ 70% a 100% \_\_\_\_\_
  2. Efectuó consulta: con el profesor de la materia \_\_\_\_\_ con el asistente \_\_\_\_\_ con ambos \_\_\_\_\_ con ninguno de los dos \_\_\_\_\_
  3. Las series de ejercicios le ayudaron a preparar los parciales: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
  4. La aplicación del Quiz antes de cada parcial fue conveniente? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
  5. Fue adecuada la metodología seguida en la clase? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
  6. Para las clases leyó por lo menos lo visto en la clase anterior? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
  7. Fueron herramientas útiles para la comprensión de la asignatura, las notas de clase y el trabajo realizado durante ella? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
  8. Asistiría usted a conferencias o talleres sobre metodologías de aprendizaje?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
  9. Para la preparación de la asignatura consultó las notas de clase \_\_\_\_\_ el texto guía \_\_\_\_\_ otros \_\_\_\_\_
  10. Considera necesaria la sugerencia de un texto guía? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
  11. Considera usted el texto de Dennis G. Zill como el mas adecuado? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

### 3.3. Resultado de la Encuesta

NOMBRE	CÓDIGO	GR	FECHA		
1. Asistió a clases:	0 a 50% <u>11</u>	50% a 70% <u>19</u>	70% a 100% <u>72</u>	No contestó <u>1</u>	
2. Efectuó consulta:	con el profesor de la materia <u>18</u>	con el asistente <u>34</u>	con ambos <u>4</u>	con ninguno de los dos <u>44</u>	No contestaron <u>3</u>
3. Las series de ejercicios le ayudaron a preparar los parciales:	Si <u>89</u>	No <u>14</u>			
4. La aplicación del Quiz antes de cada parcial fue conveniente?	Si <u>85</u>	No <u>18</u>			
5. Fue adecuada la metodología seguida en la clase ?	Si <u>77</u>	No <u>26</u>			
6. Para las clases leyó por lo menos lo visto en clase anterior?	Si <u>41</u>	No <u>36</u>	A veces <u>6</u>	No contestaron <u>20</u>	
7. Fueron herramientas útiles para la comprensión de la asignatura, las notas de clase y el trabajo realizado durante ella?	Si <u>83</u>	No <u>13</u>	No contestaron <u>7</u>		
8. Asistiría usted a conferencias o talleres sobre metodologías de aprendizaje?	Si <u>77</u>	No <u>23</u>	No contestaron <u>3</u>		
9. Para la preparación de la asignatura consultó las notas de clase <u>76</u> el texto guía <u>81</u> Otros <u>36</u>					
10. Considera necesaria la sugerencia de un texto guía?	Si <u>94</u>	No <u>9</u>			
11. Considera usted el texto de Dennis G. Zill como el mas adecuado?	Si <u>71</u>	No <u>28</u>		4 contestaron que se debería crear un texto guía.	

### **3.4. Análisis.**

Para la pregunta 2 debo aclarar que la mayoría consultaba con el asistente debido a que se habían asignado 5 horas fuera del horario de clase para que los estudiantes efectuaran talleres con él.

La encuesta se aplicó al final del curso y algunos estudiantes la diligenciaron una vez terminado el semestre y conociendo ya su nota.

En la pregunta 9 la suma es mayor que 103 puesto que algunos estudiantes emplean notas de clase, texto guía y otros.

Durante la exposición de la ponencia aclararé lo concerniente a la metodología utilizada para estos cursos, y expondré un análisis más detallado de la encuesta. Es relevante aclarar que la mortalidad académica disminuye y los estudiantes asimilan mejor los conocimientos.

## CONCEPCION DE LAS MAESTRIAS EN INGENIERIA CASO ESTUDIO, MAESTRIA EN TRANSPORTES



**DOMINGO ERNESTO DUEÑAS RUIZ**

Profesor Titular

**LUIS ALFREDO VEGA BAEZ**

Profesor Asistente

Facultad de Ingeniería

Universidad Pedagógica y Tecnológica de  
Colombia.

### RESUMEN

El propósito de la ponencia es el de formular la necesidad de modificar la orientación de la enseñanza en las maestrías en Ingeniería - se da el caso específico de la Maestría en Transporte e Infraestructura Vial - buscando una ingeniería con alto contenido social, cuyo objetivo básico sea el de aplicar métodos y principios científicos, en una forma racional, para satisfacer las necesidades de los sectores mayoritarios de la población, teniendo en cuenta los intereses del país.

Para ello se investiga sobre el tipo de sociedad en que vivimos ; la clase de profesional que produce esta sociedad, las características deseables de este profesional y la incidencia de las Maestrías en la formación de profesores - investigadores, bajo cuya responsabilidad estará la preparación de este nuevo profesional en la ingeniería que se propone, es decir, que al modificar la enseñanza en los programas de Maestría, se impulsará el modificar la enseñanza en los programas de pregrado, logrando así llegar al fin ya mencionado.

Las modificaciones que se plantean realizar en los planes de estudio convencionales, buscan incorporar lo social como criterio directriz de la técnica, complementando con un proceso de continua reeducación de docentes y educandos.

### ASPECTOS GENERALES

En 1961 la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC con sede en Tunja, con la asesoría de la Universidad Nacional, creó el primer programa de educación profesional en Ingeniería de Transportes y Vías, adscrito a la Facultad de Ingeniería. Para mejorar la formación de profesionales en esta área de la Ingeniería,

la UPTC a partir de 1970, promovió el ir especializando a los docentes que estaban vinculados al programa, comisionándolos para realizar cursos de postgrado en el país o en el extranjero, siendo así como en la actualidad cuenta con 25 profesores adscritos de tiempo completo, de los cuales el 88% ha realizado estudios de postgrado con la siguiente formación :

- Especialistas : seis
- Especialistas y curso de doctorado : uno
- Maestría : siete
- Especialista y Maestría : tres
- Especialista, Maestría curso Doctorado : cinco

Total Veintidos (88%)

Lamentablemente este esfuerzo que han realizado los docentes, con el apoyo de la Institución durante los últimos 28 años, así como la experiencia investigativa de dichos docentes, se puede perder, si no se adelanta un ambicioso programa para preparar docentes - investigadores en este campo de la ingeniería, de tal forma que se pueda contar con recursos humanos eficientes, que puedan suplir las necesidades académicas ante el próximo retiro de dichos profesores.

Ante esta situación, la Facultad de Ingeniería se propone crear un programa de Maestría en Transportes e Infraestructura Vial para formar los futuros docentes - investigadores del programa en Transportes y Vías y de los programas de Ingeniería de otras Universidades del País que así lo requieran. La filosofía del postgrado está encaminada a inculcar en sus educandos (futuros docentes - investigadores), la necesidad de incorporar lo social como criterio directriz de la técnica, para que multipliquen este principio en la formación de profesionales a nivel de pregrado.

En este orden de ideas, con los planteamientos que acá se esbozan, se pretende aportar elementos para la continua discusión, a todos los niveles, sobre, que ha implicado la concepción sobre la INGENIERÍA, ubicada en el contexto de la sociedad colombiana.

Se parte de considerar, que debe responderse de alguna manera a los siguientes interrogantes :

- ¿ A quien sirve el Ingeniero ?
- ¿ A quien debería servir ?

Para ello es necesario, definir cual es el propósito primordial de la Ingeniería, para lo cual se ha escogido el siguiente : “usar métodos y principios científicos para alcanzar

maneras racionales de combinar recursos en el proceso de satisfacer las necesidades humanas (específicamente los de los sectores mayoritarios de la población) teniendo en cuenta los intereses nacionales”. Es decir una Ingeniería con alto contenido social (no únicamente técnico), lo que implica que la concepción sobre la formación del Ingeniero puede enunciarse por medio de la frase, partir de lo social para llegar a lo social, con lo cual se define la ideología del enfoque que se propone.

Para responder a los interrogantes ya mencionados y orientar el desarrollo de la concepción sobre la formación de Ingenieros, se debe indagar sobre tres aspectos :

- El tipo de sociedad en que vivimos
- La clase de profesional que esta sociedad produce, y
- Las características que debería tener este profesional, obedeciendo a las necesidades del país.

#### • TIPO DE SOCIEDAD EN QUE VIVIMOS

En cuanto al tipo de sociedad en que vivimos, nuestro país no tiene los suficientes recursos ni la capacidad de negociación para conservar un desarrollo autónomo, debido a que su economía es del tipo “dependiente”, controlada por algunos países de los denominados “potencias”, los cuales necesitan mantener a Colombia en la órbita de los países demandantes de bienes de consumo de capital, y de empréstitos, esta situación se agravó en la última década con la apertura económica y la aplicación del llamado “Capitalismo Salvaje”, en un país económicamente subdesarrollado con respecto a otros países del mundo.

Como es apenas obvio, lo anterior se refleja en la Universidad, como parte de esta sociedad y la cual está determinada por las exigencias que esta sociedad plantea.

#### • CLASE DE PROFESIONAL QUE ESTA SOCIEDAD PRODUCE

Partiendo del carácter dependiente del país, la formación de profesionales ha obedecido a la necesidad de mantener ese carácter, siendo así, como al detallar los planes de estudio de diferentes programas de Ingeniería, se puede observar que el profesional que se está formando, debe estudiar y aplicar patrones existentes en países desarrollados (esencialmente Estados Unidos), en cuanto a la planeación, el cálculo, el diseño, construcción y conservación de obras, así como en la planeación, operación y administración de sistemas en general, independientemente, de sí esa formación obedece a las condiciones objetivas del medio social colombiano, en el cual se va a desarrollar.

Esta concepción es también el resultado de la dependencia cultural, que a la vez es efecto de la dependencia económica, ya que todo el esquema formativo sigue rigurosamente los métodos y procedimientos de los países denominados "potencias". En las universidades de dichos países se desarrolla la ciencia y la tecnología requerida para satisfacer sus necesidades y de acuerdo a sus intereses. Esta ciencia y tecnología nos es transferida (por diferentes métodos) con la consecuente dependencia de bienes de capital que ello implica, por consiguiente, la formación universitaria, se debe ceñir a la de textos foráneos, o lo que es peor, nacionales de contenido foráneo, de tal manera que se podrán preparar por ejemplo, planificadores de transporte de óptimos rendimientos que apliquen en forma "estupenda" las técnicas o modelos o recetas extranjeras, en forma mecánica, pero de espaldas a las necesidades reclamadas con urgencia por la situación socio - económica del país, con el agravante, que los conocimientos de ingeniería, quizás podrían reducirse al uso de manuales o de Software y los profesionales con esta formación, muy factiblemente tendrían pobre desempeño y llegarían rápidamente a la obsolescencia.

Lo anterior ocasiona que en las universidades se utilice como metodología primordial, el clásico "método repetitivo" sin que se induzca al estudiante a la crítica y discusión de los conocimientos que se imparten, y quien se atreva a criticar o discutir tiene mucha "dificultad" para titularse como Ingeniero. En este sentido se ha llegado, en algunos casos, al extremo, que el papel del docente es el de repetir lo consignado en dichos textos y el del estudiante, asimilar y repetir lo que le han dictado o lo que ha escuchado, sin tener claridad sobre la aplicación de estos conocimientos, en el medio social colombiano, en el cual va a laborar.

Pero se puede pensar que la situación no es tan grave, ya que se está haciendo algún tipo de investigación, la cual lamentablemente es incipiente y en algunos casos es torpedeada, por cuanto permitiría que nuestros docentes tuvieran una capacidad mayor de análisis y aplicación de los conocimientos de acuerdo a nuestras necesidades. Es conveniente recordar que el presupuesto para la investigación en Colombia es mínimo en comparación con el de otros países aun con las condiciones socio - económicas similares y si observamos en las Facultades de Ingeniería de las universidades públicas, en el mejor de los casos, solo se "autoriza" investigar a menos del 10% de sus docentes.

#### • CARACTERÍSTICAS QUE DEBERÍA TENER ESTE PROFESIONAL

Por lo ya expuesto se deduce, que lo que se necesita es un profesional con una concepción social acorde con la realidad del país ; lo que implica que tenga como

propósito fundamental la búsqueda de soluciones a los sectores mayoritarios de la comunidad, teniendo como fundamento los intereses nacionales.

Se ve que la concepción existente sobre la Ingeniería, está restringiendo su desarrollo y mas aún se presenta alejada de las necesidades del medio en el cual se va a ejecutar, con una tendencia a cumplir el sometimiento a las directrices tecnológicas extranjeras.

Es conveniente recalcar, que la idea que se desea presentar del ingeniero, parte de una formación educativa integral, o sea, siguiendo la correlación que existe entre lo social y lo técnico, bajo métodos y principios científicos. La aspiración es formar un ingeniero que además de los aspectos técnicos, conozca la realidad de Colombia en los aspectos económico social y político ; ya que solo de esta forma, podrá desarrollar actividades que impliquen poner la técnica al servicio del hombre y de los intereses nacionales.

De igual manera, no se propone ignorar la ciencia y la técnica que han creado los países desarrollados ; por el contrario esta ciencia y técnica (así como la que nosotros creemos), son patrimonio de la humanidad, y serán patrimonio nacional en la medida en que se puedan aplicar creativamente en nuestro medio, abriendo la posibilidad, para que la incipiente técnica nacional pueda evolucionar en igual sentido.

A partir de las anteriores consideraciones, se observa que el problema de la desubicación en el medio, del profesional que se está formando, en gran parte es causando por el enfoque que tienen los planes de estudio y el método de enseñanza - aprendizaje utilizado, es decir, se ve el papel preponderante del docente. Luego un principio de solución está sustentado en propender por sostener un nivel académico bueno, partiendo de la base de la implicación que él pueda tener en el medio social y más concretamente en el desarrollo autónomo del país y ese nivel académico y la necesaria formación integral que debe dársele al estudiante tiene como soporte al docente, luego la estrategia propuesta, está orientada hacia la reeducación del docente a través de estudios de Maestría, en los cuales se implemente el enfoque propuesto, de tal forma que al ser reeducado bajo estos principios, produzca un efecto multiplicador a nivel del pregrado en el cual ejerce su trabajo docente. Lo anterior implica que se deben orientar los estudios de Maestría con una concepción social acorde con la realidad del país.

#### • **ESQUEMA PROPUESTO PARA LAS MAESTRIAS EN INGENIERIA**

El esquema propuesto se presenta en tres sectores ubicados específicamente en la siguiente forma :

- Campo de fundamentación científica
- Campo de formación social y humanística
- Campo de aplicación e investigación

Los tres campos deben estar integrados, girando sobre lo social. Con esto no se quiere decir que el sector de las ciencias sociales vaya a desplazar los otros campos, restándoles importancia, sino por el contrario, se apoyarían mutuamente, buscando resaltar la concepción social en los otros dos campos. Luego lo que se pretende bajo este esquema en los cursos de Maestría, es incorporar lo social como criterio directriz, de la técnica y transmitir este enfoque a los planes de estudio a nivel de formación profesional, teniendo en cuenta que los cursos de Maestría están dirigidos a docentes - investigadores encargados de los currículum de pregrado.

A manera de ilustración en el plan de estudios de Maestría en Transporte, se propone un modelo temático, de formación social, con tres asignaturas, pero su aplicación sería en todos los restantes módulos y actividades del postgrado. Este módulo de Ciencias Sociales, entraría a suministrar los elementos de análisis y la formación básica en todo lo relacionado con las condiciones geográficas, históricas, demográficas y económicas de la vida social en nuestro país. Bajo estos criterios se valorarían los beneficios de los demás estudios, cumpliendo de esta manera un cometido puramente nacional.

Obviamente el plan de estudios de la Maestría elaborado bajo esta directriz, implica el estar integrado a un método de enseñanza acorde con esta concepción, en el cual se acople la teoría con la práctica y con el análisis, es decir, promover seguir la teoría científica del conocimiento, la cual parte, que primero está el conocimiento sensible (práctica) luego el conocimiento racional (teoría) para finalizar el ciclo con la comprobación a nivel de la práctica (práctica - teoría - práctica).

Es necesario precisar que la aplicación de este esquema de los tres sectores, no es una tarea fácil, depende de las políticas y acciones educativas que se implanten en el país (promover y fortalecer las maestrías y doctorados) y requiere que cada profesor (en este caso de postgrado, pero con posterior reflejo en el pregrado), tenga un conocimiento aceptable de la realidad del país y mucha claridad respecto al nexo metodológico entre lo técnico y lo social. Es decir, el docente debe tener un perfil en el cual la revisión de los elementos de la cátedra en la cual labora, sea algo permanente y natural, de tal forma que pueda desentrañar la vinculación de lo social en lo que enseña, lo anterior complementado con labores de investigación y de extensión a la comunidad; así como la participación en conferencias, foros, reuniones, o charlas sobre tópicos que se ocupen de la problemática nacional en todos los sectores. Es decir se desea que las Maestrías tengan auténticos Maestros y formen verdaderos Maestros.

# ASPECTOS OPERACIONALES Y ACADÉMICOS DE LA MAESTRÍA EN SISTEMAS ENERGÉTICOS EN LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA.

**Pbro. Julio Jaramillo M.<sup>1</sup>, Pbro. Jorge Iván Ramírez A.<sup>2</sup>, Farid Chejne J.<sup>3</sup>, Alan Hill B.<sup>3</sup>**

**<sup>1</sup> Vicerrector Académico, <sup>2</sup> Decano (E) Escuela de Formación Avanzada, <sup>3</sup> Grupo de Energía y Termodinámica del Centro de Investigaciones para el Desarrollo Integral (CIDI) y Coordinación general de la Maestría en Sistemas Energéticos.**

Universidad Pontificia Bolivariana. A.A. 56006, Medellín, Colombia. Fax 4112372. Teléfono 415 90 15

Emails: 1 [jujar@janua.upb.edu.co](mailto:jujar@janua.upb.edu.co), 2 [jiramir@epm.net.co](mailto:jiramir@epm.net.co), 3 [fchejne@Janua.upb.edu.co](mailto:fchejne@Janua.upb.edu.co).

**Resumen:** En el presente artículo, se pretende compartir las experiencias de índole operacional y académica del programa de Maestría en Sistemas Energéticos de la Universidad Pontificia Bolivariana. El programa, nació y se gestó por los ingenieros de investigación del área de estudios energéticos del centro de investigaciones de la Universidad (CIDI) y por profesores de la Escuela de Formación Avanzada que mantenían una relación directa con el grupo de dicha área. La escuela de Formación Avanzada prestó todo el apoyo de tipo logístico y administrativo en todas las fases del desarrollo de la iniciativa y actualmente, al igual que todos los programas de maestría de la universidad, depende administrativamente de ella.

La Universidad, consciente de la necesidad de ofrecer programas de alta calidad en todos sus niveles ha emprendido una serie de acciones con el objetivo de crecer académicamente. Estas acciones se inclinan a fortalecer la investigación y los grupos de investigación donde la búsqueda del conocimiento y el conocimiento en si mismo son base fundamental para lograr consolidar programas de maestría y doctorado exitosos; Entendiéndose por exitosos si los trabajos realizados y sus resultados puedan difundirse, sometersen a la crítica, ser validados y de utilidad para el medio o para la comunidad en general.

Con base en lo anterior, puede decirse que la Maestría en Sistemas Energéticos esta concebida como un espacio académico donde un grupo de investigadores ejercen a la vez funciones de tipo administrativo, logístico y académico apoyados por otros investigadores y estudiosos del tema tanto a nivel nacional como internacional.

**1. INTRODUCCIÓN:** La Universidad Católica Bolivariana, fundada el 15 de septiembre de 1936 por decreto del Señor Arzobispo de Medellín Monseñor Tiberio de Jesús Salazar y Herrera, adquirió el carácter de Pontificia el 16 de agosto de 1945. Constituida como persona jurídica de derecho canónico y como entidad sin ánimo de lucro según resolución N° 48 de febrero 22 de 1937 emanada del Ministerio de Gobierno. En su comienzo, la Universidad ofreció el programa de Derecho y Ciencias políticas (1936), bachillerato y primaria (1937); posteriormente iniciaron labores las facultades de Química Industrial (1938) y de Arquitectura y Urbanismo (1943). En la actualidad la Universidad ofrece 25 programas de pregrado en las 18 facultades agrupadas en las escuelas de Ciencias Sociales, Biológicas, Arquidiseño, Derecho, Economía-Administración, Ingeniería y Eclesiásticas y 58 programas de postgrado entre especializaciones; administradas por las facultades y las maestrías y doctorados administradas por la Escuela de Formación Avanzada. La Escuela de Ingeniería, actualmente ofrece 6 programas de pregrado que son los de Ingeniería Química (1938), Eléctrica (1950), Mecánica (1956), Electrónica (1970) Textil (1992) y Agroindustrial (1997).

Es misión de la Universidad la formación y promoción del desarrollo integral del hombre, con base en los valores del humanismo cristiano, con una finalidad docente, investigativa y social.

El programa de Maestría en Sistemas Energéticos, aprobado según resolución 930 del 18 de marzo de 1996 del Ministerio de Educación Nacional, al igual que los demás programas se enmarca dentro de la misión de la Universidad y tiene por objetivo general formar Magisters diestros en el manejo, evaluación, planeamiento y gestión de los sistemas energéticos y desarrollar la capacidad investigativa tendiente a profundizar y en lo posible a buscar aportes al conocimiento sobre el tema. Como objetivos específicos se tienen el formar egresados con habilidades para manejar las herramientas básicas que le permitan llevar a cabo programas de evaluación y planeamiento energético; realizar diagnósticos energéticos generales y específicos en los sectores industrial, comercial, residencial y del transporte; Conocer técnicas comúnmente empleadas que permitan un manejo adecuado y eficiente de los recursos energéticos; formular y evaluar estrategias y modelos para el análisis, selección y negociación de tecnologías para la conservación de la energía; liderar y elaborar proyectos y programas de investigación tendientes a la búsqueda de aportes al conocimiento en el tema y que a su vez contribuyan al desarrollo científico y tecnológico del país, y ejercer labores de tipo docente.

**2. PERTINENCIA DEL TEMA:** La energía, en sus diferentes formas, al igual que el aire y el agua es un recurso indispensable para la vida. Cómo concebir el mundo sin movimiento?. A través

de la historia se observa la evolución de las formas o sistemas de transformación y utilización de la energía. Ejemplos de lo anterior son el obtener energía térmica a partir de la energía mecánica aplicada a dos elementos en contacto (fricción), el descubrimiento del fuego en la antigüedad, la generación de energía eléctrica a partir de la energía cinética mediante un campo magnético, etc.

En el mundo de hoy, donde el orden económico y tecnológico mundial gira en torno a la utilización eficiente y racional de los recursos, donde el aire y el agua que son los agentes más empleados en los procesos de transformación, distribución y utilización de la energía se están deteriorando paulatinamente, se requiere profundizar y conocer de forma integral y global el tema del manejo de la energía. Las transformaciones en el clima y en el entorno en general presuponen grandes retos en lo que a la generación y utilización de la energía se refiere. Para el siglo XXI, se espera el desarrollo de tecnologías limpias y eficientes que permitan al hombre vivir en un hábitat menos deteriorado y más confortable. Actualmente la mayor parte de la energía, en su forma primaria, se genera a partir de combustibles como el carbón, hidrocarburos derivados del petróleo y el gas natural, de la hidroelectricidad y en menor escala a partir de elementos radiactivos. Lo anterior indica que la incidencia en la economía mundial y local están estrechamente relacionadas con las técnicas del manejo de la energía.

La Universidad Pontificia Bolivariana, consciente de la importancia del tema creó la Maestría en Sistemas Energéticos con el objeto de capacitar, educar, profundizar y en lo posible tratar de contribuir con aportes al conocimiento en el tema.

**3. ANTECEDENTES:** La escuela de Formación Avanzada de la Universidad es una dependencia de gestión y de promoción de los estudios de postgrado según el Plan de Desarrollo de la Universidad. Depende directamente de Rectoría. Fue creada por Acuerdo CD-02 de mayo 25 de 1992 en reemplazo del anterior Departamento de Formación Avanzada que venía funcionando desde 1983. La Formación Avanzada de la Universidad Pontificia Bolivariana propende por el cumplimiento de los siguientes objetivos: Fomentar y desarrollar la investigación tanto en el campo de las ciencias como en el de las artes y las técnicas; impulsar el desarrollo y la sustentación de los principios, metodologías y actividades interdisciplinarias en la Universidad; Contribuir al mejoramiento de la calidad académica en la Universidad mediante la preparación de docentes e investigadores a través de programas de Especialización, Maestría y Doctorado; formar personal altamente calificado en áreas específicas de la ciencia, las artes y la tecnología, y brindar la oportunidad de complementar y actualizar la formación científica, artística y técnica de los profesores egresados de pregrado, mediante programas de Educación Continua. En general, la Escuela de Formación Avanzada procura brindar un espacio académico a los diferentes grupos de Investigación con todo el apoyo logístico y administrativo. En el caso específico de la Maestría en Sistemas Energéticos, La Universidad Pontificia Bolivariana, ha tenido desde tiempo atrás (año 1979) una línea investigativa en el tema de la Energía en su Centro de Investigaciones para el Desarrollo Integral - CIDI - donde se consolidó el grupo de Energía y Termodinámica. Concretamente en el Área de Estudios Energéticos del CIDI se han realizado trabajos tanto de investigación básica y aplicada. Los estudios allí realizados han servido a las empresas y a las

industrias de la ciudad para una mejor utilización de la Energía. Como fruto de lo anterior, y en función de crecer en el servicio energético desde la academia, se creó la Maestría en Sistemas Energéticos con el objeto de capacitar, educar, profundizar y en lo posible tratar de contribuir al conocimiento en el tema de los sistemas energéticos. Este programa está en marcha desde agosto de 1996 y tiene su énfasis colocado en la investigación sobre aspectos específicos que atañen a la mejor utilización de los recursos energéticos.

Es importante anotar que el grupo ha realizado estudios para muchas empresas de los sectores público y privado del país. Se ha contado con el apoyo de entidades como COLCIENCIAS (En la cual el grupo esta catalogado entre los de Excelencia), OEA, Ministerio de Minas y Energía, Las Empresas Publicas de Medellín, ANDI, BID, ISA, ISAGEN, ECOCARBON, UPME y de la Industria en general entre otras. Académicamente, el grupo tiene una relación directa con entidades como El instituto Wessex, el IPT, la Universidad de Campiñas, la Universidad de Pensilvania, la Universidad de Zaragoza, la Universidad de Ducke, los consultores AF. ENERGYKONSULT y NIFES, el Centro del Carbón de la Universidad Nacional de Medellín, el grupo de Carboquímica y Catálisis de la Universidad de Antioquia y del laboratorio de combustión de la Universidad de Valle entre otros.

**4. METODOLOGÍA DE TRABAJO:** La Maestría ésta concebida como un espacio académico para la formación de docentes e investigadores. La estructura curricular se fundamenta en dos áreas que son la profesional y la investigativa. Tiene una duración de cuatro semestres académicos. El primero de ellos de nivelación y compuesto por cinco cursos básicos y un seminario de Investigación. Los cursos básicos son: Principios de Termodinámica, Principios de Transferencia de Calor, Principios Básicos de Electrotecnia, Métodos Numéricos y Fluidos. Los tres semestres restantes conforman el área de formación profesional la cual tiene cuatro divisiones que son las de diagnóstico, evaluación, planeamiento y gestión. El área de investigación es activa durante estos tres semestres. El segundo semestre (diagnostico) esta constituido por dos asignaturas básicas que son Análisis Energético Sectorial y Balances Termodinámicos. En el tercer semestre (evaluación) se dictan dos asignaturas básicas que son las de Modelización y dinámica de sistemas y la de Evaluación Integral de proyectos. Finalmente, en el cuarto semestre académico (Planeamiento y Gestión) las asignaturas básicas son Perspectiva y Prospectiva de los Recursos Energéticos y Gestión de Sistemas Energéticos. En lo que a la investigación se refiere, cada estudiante propone un tema que se enmarque dentro de las líneas de la Maestría. El anteproyecto se desarrolla en el transcurso del primer semestre y el primer trimestre del segundo semestre. Una vez aprobado el anteproyecto se comienza el desarrollo del proyecto y se espera estar finalizado al termino del cuarto semestre. Para el desarrollo del anteproyecto y del proyecto, al estudiante se le asigna un tutor bien sea sugerido por el estudiante y aprobado por el comité académico de la Maestría o sugerido por el comité. En los seminarios de investigación cada estudiante presenta su trabajo y su avance a los demás estudiantes del grupo, al comité académico de la maestría y a algunos invitados conocedores de los temas en cuestión. Las principales líneas de investigación son la de Modelización y simulación, la de cogeneración y trigeneración, la de superconductividad, la de nuevas fuentes de energía, la de almacenamiento y acumulación de energía, la de recuperación de

calores de desecho, la de combustibles gaseosos, líquidos y sólidos, la de economía y gestión de la energía y la de termoacústica.

Para adelantar el programa se requiere de una dedicación de medio tiempo. De ocho a doce horas semanales presenciales regularmente en exposiciones magistrales, asistencia a los seminarios de investigación y para la elaboración del trabajo de investigación el cual requiere de reuniones periódicas con el director y los asesores.

Finalmente, es importante anotar que los proyectos de investigación de la maestría se enmarcan dentro de las líneas y de algunos proyectos que esta llevando a cabo el grupo de energía y termodinámica lo cual permite establecer una retroalimentación dinámica y muy estrecha entre el programa académico y el grupo de investigación con lo cual se fortalecen ambos. Adicionalmente, la administración del programa esta a cargo de personas que ejercen labores conjuntamente en el grupo de energía y termodinámica y en la Escuela de Formación Avanzada.

**5. CONCLUSIONES:** Los programas de Maestría y Doctorado facilitan desarrollo técnico de los Grupos de investigación y el país en general.

Por medio de la ejecución de los diferentes proyectos de investigación que realizan los estudiantes, se da la oportunidad de aumentar y generar el conocimiento y la tecnología requerida.

# LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN Y SU RELACIÓN CON LAS MAESTRÍAS Y DOCTORADOS EN INGENIERÍA

**Jorge Robledo Velásquez, Universidad Pontificia Bolivariana**  
**Eduardo Domínguez Gómez, Universidad Pontificia Bolivariana**

## RESUMEN

Una mirada al panorama académico nacional revela, sin mucha dificultad, que las universidades líderes del país (siguiendo una clara tendencia universal) han optado de manera clara por impulsar la investigación, desarrollar programas de maestría y doctorado, fortalecer la excelencia académica de sus programas de pregrado, y contribuir más eficazmente a la solución de los problemas de su entorno socioeconómico. En particular, en el contexto de las facultades de ingeniería, se percibe un renovado afán por consolidar los niveles académicos de maestría y, principalmente, de doctorado. En el presente trabajo se argumenta que todos estos propósitos están inter-relacionados y que remiten a una exigencia común: la del fortalecimiento de los grupos de investigación.

La exigencia de contar con grupos de investigación consolidados tiene profundas implicaciones en la gestión de programas de maestría y doctorado en las ingenierías. Tales implicaciones se analizan en este trabajo. La proposición central que orienta la reflexión es que *los grupos de investigación deben constituirse en ejes del quehacer universitario* a estos niveles de la actividad académica y, como tales, deben recibir total apoyo de las facultades y demás instancias organizativas y administrativas en la universidad. A partir de acá y como un caso de análisis, el trabajo presenta los elementos centrales de la respuesta que la UPB (Universidad Pontificia Bolivariana) está dando a este desafío, con miras a crear las condiciones para el ofrecimiento de nuevos programas de maestría y doctorado en ingeniería. En detalle se consideran los aspectos de política y organizativos de tal respuesta, que contienen elementos que los autores consideran de interés para la comunidad universitaria del país.

## INTRODUCCION

Estamos entrando en lo que la OCDE llama "la economía del conocimiento", es decir, aquella basada cada vez más en recursos intangibles como la tecnología, la información y el aprendizaje<sup>1</sup>:

*Knowledge is now recognised as the driver of productivity and economic growth, leading to a new focus on the role of information, technology and learning in economic performance. The term "knowledge-based economy" stems from this fuller recognition of the place of knowledge and technology in modern OECD economies. (OECD, 1996, p. 3)*

En este contexto, las actividades que producen, difunden y apropian conocimiento cobran una importancia indiscutible. Esto no es nuevo, ha sufrido ya un largo proceso de gestación. En el ámbito universitario (y posiblemente en el empresarial, con ciertas especificidades), los *grupos de investigación* han sido en los últimos dos siglos el vehículo a través del cual se desarrollan estas actividades y se hace realidad la empresa del conocimiento. No sin sobrada razón Freeman, al repasar la historia del desarrollo de la actividad investigativa llevada a cabo de una manera profesional, sistemática y regular por grupos de investigación, reafirma aquella frase de un físico notable en el sentido de que *"the greatest invention of the nineteenth century was the method of invention itself"* (Freeman, 1995, p. 9), haciendo referencia al laboratorio profesional de I&D o, en otras palabras, a lo que aquí denominamos "grupo de investigación".

Respondiendo a esta percepción fundamental y en consonancia con la política nacional de fomento a los grupos y centros de investigación agenciada por COLCIENCIAS, la UPB institucionalizó a comienzos de este año una política interna dirigida a desarrollar y consolidar grupos de investigación en áreas estratégicas, entre las cuales descollan por su larga tradición e importancia en esta Universidad las disciplinas ingenieriles. En este artículo analizaremos los antecedentes, el contexto actual y las proyecciones de la *Política para el Desarrollo y Consolidación de Grupos de Investigación* de la UPB, y cómo esta política está siendo piedra angular para el fortalecimiento de los postgrados existentes en ingeniería y la creación de nuevos programas de fuerte componente investigativo (maestrías y doctorados).

## EL CONCEPTO DE "GRUPO DE INVESTIGACIÓN"

Antes de continuar debemos detenernos brevemente a analizar el concepto de "grupo" asociado a la actividad investigativa, o "grupo de investigación", tal como lo entendemos en este artículo. Aunque utilizado ampliamente, este concepto no está todavía exento de polémica. ¿Qué define un grupo de investigación como tal y cómo se evalúa su grado de desarrollo o madurez? Intuitivamente, la palabra "grupo de investigación" remite a un número plural de individuos comprometidos en actividades investigativas. Aunque esto puede ser inicialmente válido, las dificultades del concepto emergen al tratar de cualificarlo, particularmente en relación con su "identidad", su "formalidad" y su "madurez". Villaveces (1991), por ejemplo, define al Grupo de Investigación Maduro -GIM- como aquel que "durante varios años ha estado produciendo resultados de investigación significantes en términos de la problemática nacional, esté o no formalizada su existencia" (p. 308). Si nos atenemos a este autor, el criterio de existencia de un

---

<sup>1</sup> Ver también a este respecto a Drucker (1993).

grupo maduro radica fundamentalmente en su "producción", hasta el extremo de que un investigador único puede asimilarse a un GIM si la cantidad y calidad de su producción así lo justifica. Aún así, entendemos que el caso del investigador solitario es cada vez menos viable, en tanto que la rapidez de producción del conocimiento exige hoy esfuerzos investigativos paralelos y escalonados que permitan a un grupo contribuir eficazmente a la expansión del conocimiento. Con frecuencia se habla entonces de una "masa crítica" que debe alcanzar el esfuerzo investigativo para que autosostenga su dinámica de producción de conocimiento de frontera. Esto, obviamente, es más una empresa colectiva que un esfuerzo individual.

En el contexto de este artículo entendemos por grupo de investigación el conjunto (preferentemente plural) de individuos que desarrollan una agenda de trabajo investigativo, bajo la orientación de un plan estratégico, a través del cual el grupo busca garantizar en el tiempo su desarrollo, así como la calidad, pertinencia y eficiencia de sus actividades. Esta concepción de grupo de investigación pone el énfasis en la producción de conocimiento oportuno y pertinente, razón de ser de la actividad investigativa. Los aspectos de formalidad institucional pasan a un segundo plano. En este sentido, el grupo no requiere su constitución como una instancia identificable en un organigrama institucional, aunque igualmente puede llegar a formalizarse como un centro, una unidad, un instituto, un laboratorio u otra figura asociativa cualquiera de las que adoptan las organizaciones o sus dependencias. Pero sí es indispensable que los individuos que lo conforman se identifiquen como integrantes del grupo y desarrollen un sentido de pertenencia a través de un plan de trabajo convenido. Además, el grupo debe recibir reconocimiento externo y apoyo de la institución que lo cobija, pues de lo contrario su existencia sería difícilmente viable.

Finalmente, en cuanto a su grado de madurez, un grupo de investigación puede ser incipiente o consolidado, o estar en un estadio intermedio de crecimiento. Desde esta perspectiva la clasificación de los grupos se presta para una intensa polémica. Aquí se sugiere que se adopte la metodología aplicada por COLCIENCIAS en las convocatorias de Centros y Grupos de Investigación, y que las discusiones pertinentes se den a nivel nacional en el marco de estas convocatorias. En la UPB, en particular, nos acogemos a las convocatorias y al criterio de COLCIENCIAS para reconocer los grupos de excelencia investigativa, aunque paralelamente desarrollamos ejercicios de evaluación de grupos como una sana práctica institucional de cara a los procesos autoevaluativos.

## **ANTECEDENTES Y CONTEXTO ACTUAL**

En el área de las ingenierías, la UPB acredita una antigua y extensa experiencia. La actividad académica en esta área se inicia desde la propia fundación de la Universidad, con el establecimiento de la primera Facultad de Ingeniería Química del país en el año de 1938. Posteriormente se crearon las Facultades de Ingeniería Eléctrica (1950), Ingeniería Mecánica (1956), Ingeniería Electrónica (1970) y, más recientemente, las de Ingeniería Textil (1990) e Ingeniería Agroindustrial (1995). Hacia mediados de la década de los 60, la madurez alcanzada por los programas existentes de pregrado en ingeniería fue la plataforma institucional para la aparición de las primeras actividades investigativas en la Universidad. Esta realidad dio origen a la creación del CIDI (Centro de Investigaciones para el Desarrollo Integral) en 1969, con las áreas de Estudios Energéticos, Tecnologías Apropriadas, Estudios Químicos y Ambientales, y Ensayos y Materiales.

Sobre la base de estas capacidades académicas, investigativas y de servicio especializado, se creó

en 1983 el primer programa de postgrado a nivel de especialización en Ingeniería Ambiental, programa que junto con las especializaciones de Gestión y Educación Ambiental integra actualmente los Postgrados en Ciencias del Ambiente. A aquel primer programa de postgrado siguió en 1990 la creación de la Maestría en Gestión Tecnológica, primer y único programa de su índole y nivel en el país. Actualmente la UPB ofrece un diversificado menú de programas de formación avanzada en las áreas de la ingeniería, entre los que figuran, además de los ya citados, las especializaciones en Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica (1992), Telecomunicaciones (1995), Gases Combustibles (1995) y Automática (1996), así como la Maestría en Sistemas Energéticos (1996).

En la actualidad, una mirada conjunta al PDU (Plan de Desarrollo Universitario) de la UPB, a los cambios introducidos en las instancias de coordinación y gestión de la institución, y a las recientes iniciativas académicas de varias dependencias, lleva a concluir que la UPB ha optado de manera clara por impulsar la investigación y la extensión, desarrollar nuevos programas de maestría y doctorado y conservar la tradicional excelencia académica de sus programas de pregrado. En particular, en el área de ingenierías la Universidad proyecta crear, con el soporte de los grupos de investigación que trabajan en las respectivas temáticas, programas de maestría y doctorado con énfasis en Energía y Termodinámica, Nuevos Materiales, Telecomunicaciones, Electricidad y Estudios Ambientales. Como una condición necesaria para que estos planes se materialicen exitosamente, la Universidad está trabajando en aras del fortalecimiento de los grupos de investigación. De hecho, tales grupos son uno de los focos privilegiados de atención de las actuales *Políticas para el Fomento de la Investigación* que impulsa la Universidad a través de la Dirección General de Investigaciones.

Como resultado de este proceso, es posible identificar actualmente cerca de 20 grupos de investigación en diferentes etapas de desarrollo, nueve de ellos en áreas ingenieriles (Automática, Biotecnología, Energía y Termodinámica, Estudios Químicos, Ingeniería Ambiental, Nuevos Materiales, Potencia Eléctrica, Telecomunicaciones, y Robótica –Grupo VISOR). Se argumenta aquí de manera central que *el desarrollo y la consolidación de estos y otros grupos que surjan en el futuro compete a la Universidad como un ente orgánico, no a determinadas instancias en particular*. La compleja dinámica de nacimiento y desarrollo de los grupos de investigación ya no hace viable, por ineficiente, la tradicional práctica de dejarlos a merced del libre juego de lo que aquí podríamos llamar las “fuerzas del mercado” de servicios académicos e investigativos. Por ello la UPB ha visto vital impulsar una clara política interna, de manera coherente y complementaria con los instrumentos definidos en las actuales *Políticas para el Fomento de la Investigación*. Este empeño ha dado lugar recientemente a la aprobación institucional de la *Política para el Desarrollo y Consolidación de Grupos de Investigación*, cuyo contenido básico se ilustrará a continuación.

## **LA POLÍTICA BOLIVARIANA PARA EL DESARROLLO Y CONSOLIDACIÓN DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo**

El objetivo central de la política es crear las condiciones institucionales que propicien y apoyen procesos de formación y consolidación de grupos de investigación en cada una de las escuelas de la Universidad. En principio, la política se centra en la consolidación de los grupos existentes,

aunque también se deja abierta la posibilidad de apoyar los esfuerzos de otros grupos nacientes y la investigación en temas emergentes cuando la Universidad así lo estime conveniente. La meta es avanzar substancialmente en el proceso de consolidación de estos grupos durante el período de vigencia del actual PDU, principalmente en aquellas líneas de investigación afines a las áreas temáticas que las facultades identifiquen como prioritarias para el desarrollo curricular.

### **Fundamento Filosófico de la Política: El Grupo de Investigación como Eje del Quehacer Universitario**

En principio, podría pensarse que el campo de acción de un grupo de investigación es la actividad investigativa exclusivamente. Quizás esto sea válido para ciertos contextos. En el ámbito universitario, el grupo de investigación tiene otras responsabilidades adicionales a la específicamente investigativa, las cuales se constituyen en su complemento esencial. Es decir, no se trata de actividades "parásitas" que distraen la atención y los recursos del grupo, sino de actividades que se convierten, junto con las propiamente investigativas, en la misma razón de ser del grupo. Nos referimos a las actividades educativas en programas conducentes a título (cursos de pregrado y postgrado, atención a estudiantes y dirección de tesis), a las actividades de educación continua, y a la prestación de servicios técnicos, de consultoría y asesoría.

El soporte que dé el grupo de investigación a estas actividades es fundamental para su éxito, y la madurez del grupo se constituye entonces en garantía de calidad de las mismas. No sin razón la ley establece como requisito para la autorización de programas de postgrado "la existencia de grupos de investigación con docentes investigadores de tiempo completo en el programa" para el caso de las maestrías (decreto 836 de 1994, art. 2), y "la existencia de grupos consolidados de investigación, cuya calidad sea reconocida por su respectiva comunidad académica y que demuestre tradición investigativa" para el caso de los doctorados (decreto 2791 de 1994, art. 3).

Nuestra tesis es que los grupos de investigación deben constituirse en el eje del quehacer universitario, y como tal deben recibir total apoyo de las facultades y demás instancias organizativas y administrativas de las universidades. El apoyo institucional a los grupos de investigación en un ambiente académico de excelencia *no es hoy en día un asunto discrecional de las directivas universitarias, sino una cuestión de supervivencia institucional*. Lo que sí es un asunto discrecional que exige un análisis y una decisión estratégica es la selección de las áreas y líneas de investigación que una institución puede apoyar eficazmente, en tanto que los grupos demandan una cantidad considerable de recursos y, como en toda empresa real, los recursos disponibles en las instituciones son limitados. Esta decisión implica un ejercicio de planeación estratégica institucional que identifique un conjunto *limitado* de áreas del conocimiento *prioritarias* en las cuales se concentren los recursos, y que sean el foco de atención de los grupos de investigación con los que la institución se compromete. Estas prioridades, obviamente, deben identificarse en consonancia con los planes de desarrollo institucionales y los planes nacional y regionales de desarrollo en aquellas esferas pertinentes.

### **Organización de los Grupos**

Del examen somero del concepto de "grupo de investigación" hecho arriba se desprende que un grupo es mucho más que la mera yuxtaposición del trabajo de varios individuos. De hecho, puede haber un conjunto de investigadores trabajando en temáticas afines pero de tal forma que difícilmente pueda ser considerado propiamente como un grupo de investigación. El carácter de

tal requiere una dinámica de trabajo conjunto que, al menos, desarrolle unas estrategias, identifique cooperativamente una agenda de trabajo, e imprima a los resultados el toque distintivo del grupo. De esta forma, el grupo proyecta hacia el exterior una "imagen corporativa" particular. Para ello se requiere que el grupo desarrolle periódicamente unas actividades mínimas de planeación y que establezca una estructura organizativa que le permita funcionar eficazmente.

Los estudios en el área de la gestión científica y tecnológica nos revelan que un liderazgo efectivo y una estrategia y organización adecuadas potencian el trabajo de los grupos de investigación. Para comenzar, el papel del liderazgo en los grupos de investigación no puede desestimarse, hasta tal punto que podría decirse que sin líder no hay grupo (ver, a este respecto, el trabajo de Gómez y Jaramillo, 1997, p. 387). Sin embargo, la organización interna del grupo y su capacidad para formular y desarrollar estrategias exitosas también cuentan. Es por tanto elemental que, al pensar en grupos de investigación, uno de los primeros desafíos que haya que abordar sea el de la organización de los grupos como tales. En la política de la UPB se plantean algunos elementos básicos para la conceptualización y operacionalización de una forma organizativa. La propuesta tiene tres componentes, allí desarrollados: la coordinación de las actividades organizativas, los criterios para la composición del grupo, y las relaciones con las instancias formales de la Universidad.

La planeación estratégica del desarrollo de los grupos merece una consideración especial, por lo que el documento de política la aborda en extenso con referencia a la visión, la misión y la agenda investigativa de los grupos. En particular, para la definición (y redefinición periódica) de las agendas investigativas se proporcionan claras orientaciones metodológicas, en tanto que la identificación de las líneas y temas de investigación que concentren la atención y los recursos del grupo no es una tarea sencilla y puede afectar substancialmente su futuro. Finalmente, el documento de política desarrolla, con propósitos de orientación, lineamientos básicos para la formulación de lo que se identifica como las principales estrategias grupales: a) de crecimiento, consolidación y renovación; b) de comunicación y socialización; y c) de financiación.

### **Instrumentos de la Política**

Para implantar la *Política de Desarrollo y Consolidación de Grupos de Investigación* la UPB prevé la aplicación coherente y coordinada de un conjunto de instrumentos de política, definiendo las responsabilidades de las distintas dependencias de la Universidad de cara al desarrollo y consolidación de los grupos. Especial importancia cobra en este sentido el esfuerzo que viene liderando la Dirección General de Investigaciones en torno a la institucionalización de un proceso para evaluar el grado de desarrollo de los grupos, sobre la base de un conjunto de indicadores referidos a los cuatro factores centrales de evaluación de grupos propuestos por COLCIENCIAS, a saber: calidad, estabilidad, pertinencia y visibilidad.

### **COMENTARIOS FINALES SOBRE EL PAPEL DE LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

El apoyo de las facultades de ingeniería es esencial para el desarrollo y la consolidación de los grupos de investigación. De manera recíproca, el apoyo de estos grupos es cada vez más importante para un buen posicionamiento competitivo de las facultades, la permanente actualización de sus currícula y, en general, la calidad y pertinencia de los programas ofrecidos. De aquí la importancia de que las áreas prioritarias de desarrollo curricular estén en consonancia

con las líneas y temas investigativos de los grupos.

Las facultades pueden respaldar de múltiples maneras la actividad de los grupos y su consolidación como tales. En este sentido, corresponderá a los respectivos decanos definir y aplicar las estrategias para que ello suceda. Una forma obvia es a través de incentivos reales para que los docentes internos (ya contratados o por vincular) se asocien a grupos de investigación existentes o creen nuevos grupos bajo la dirección estratégica de la facultad, por ejemplo, facilitando las descargas necesarias para su trabajo en los grupos. Otra forma es promoviendo y respaldando la formación avanzada, preferiblemente a nivel de doctorado, de docentes internos cuyo programa de estudio/investigación refuerce alguna de las áreas o líneas investigativas de interés de grupos existentes o por crear. Finalmente, y en forma general, las facultades pueden adoptar como uno de sus criterios de prioridad en la asignación de recursos presupuestales el beneficio que las inversiones conlleven para los grupos de investigación de interés estratégico.

Desde la experiencia de la UPB, se pueden identificar también actividades específicas que contribuyen de manera significativa a crear un ambiente propicio para el desarrollo de los grupos de investigación. En esta dirección apuntan, por ejemplo, la organización de muestras periódicas de los trabajos de estudiantes y docentes, la creación de "semilleros" de jóvenes investigadores, la contratación de estudiantes como "cooperadores especiales" de los grupos, y, en relación con el marco normativo institucional, la promulgación de un estatuto de propiedad intelectual.

## REFERENCIAS

- Alvarez, B. (1991), "Programas de doctorado: Una decisión inaplazable", en Cárdenas, J. H. (Ed.), *Doctorados: Reflexiones para la formulación de políticas en América Latina*, Tercer Mundo Editores, Universidad Nacional de Colombia, CIID, Bogotá, pp. 19-25
- Cárdenas, J.H. (Editor) (1991), *Doctorados: Reflexiones para la formulación de políticas en América Latina*, Tercer Mundo Editores, Universidad Nacional de Colombia, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Santafé de Bogotá, 408 p.
- Drucker, P. (1993), *Post-Capitalist Society*, Butterworth-Heinemann Ltd.
- Freeman, C. (1995), "The 'National System of Innovation' in historical perspective", *Cambridge Journal of Economics*, Vol. 19, pp. 5-24.
- Gómez Buendía, H. y Jaramillo Salazar, H. (1997), *37 modos de hacer ciencia en América Latina*, Tercer Mundo Editores, Colciencias, Santafé de Bogotá, 405 p.
- OECD (1996), *The Knowledge-based Economy*, Paris, 57 p.
- Villaveces Cardoso, J.L. (1991), "Los programas doctorales: Algunas reflexiones para su iniciación", en Cárdenas, J.H. (Editor), *Doctorados: Reflexiones para la formulación de políticas en América Latina*, Tercer Mundo Editores, Universidad Nacional de Colombia, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Santafé de Bogotá, pp. 307-322.

# ADMINISTRACIÓN, AUTOFINANCIACIÓN Y CALIDAD ACADÉMICA EN LOS PROGRAMAS DE POSTGRADO

**William Ardila Urueña**  
**Carlos A. Holguín T.**  
**Luis Enrique Llamosa Rincón**  
**Profesores de la Facultad de Ciencias Básicas**  
**Universidad Tecnológica de Pereira**  
**Pereira – Risaralda**

**Resumen:** En este artículo se pretende realizar un análisis de los aspectos que motivan la readaptación y modificación curricular de un programa de especialización, de una manera acorde con las leyes, la época y las necesidades actuales. Se muestra como con base en los adelantos tecnológicos en lo que respecta a las herramientas de software disponibles, es posible realizar cursos en un menor tiempo, además se demuestra que un programa de especialización es un paso intermedio en el ámbito institucional a las maestrías y doctorados en los cuales se forman investigadores a escala avanzada. Además se realiza un análisis de los aspectos administrativos y financieros. Los programas de Posgrado en toda Universidad, sea pública o privada deben autofinanciarse, eso significa que ellos mismos generan los recursos que por un lado deben cubrir todos los gastos de funcionamiento (profesores equipos, recursos bibliográficos etc.) por otro generan ganancia para la Universidad y finalmente deberían generar recursos para adelantar investigación, si es que no han sido obtenidos a través de otras Instituciones como Colciencias. ¿ Es esto posible ? Este artículo pretende compartir la experiencia del Posgrado de instrumentación física de la Universidad Tecnológica de Pereira desde el punto de vista académico, administrativo y financiero, para subsistir, OFRECIENDO CALIDAD, en un medio en el que se encuentran al por mayor programas de Posgrado, que con el afán de vender ofrece todo tipo de garantías.

## 1. INTRODUCCIÓN

El departamento de Física de la Universidad Tecnológica de Pereira ofrece en sus instalaciones desde 1.989 un programa de especialización en el área de Instrumentación Física, el cual está

dirigido a personas egresadas de las carreras de Ingenierías, Física y ciencias afines. Tiene como objetivo fundamental capacitar personal en el diseño y construcción de equipo electrónico de medida, en el cual el microprocesador el microcontrolador o el microcomputador forma parte integral de él. Estos equipos de medida están destinados a laboratorios tales como: Física, Química, Biología, Clínico, de Control de Calidad, de Geología, etc.

De igual forma con su área de instrumentación para la docencia, este programa está dirigido a Licenciados en Física, Matemáticas, Química, Biología que aspiran ascender en el escalafón docente para lo cual el Departamento ha contado con el personal capacitado a través del programa de maestría ofrecido por la Universidad de Antioquia, y el mismo programa de especialización ofrecido por el Departamento de Física. Igualmente ha recibido colaboración de profesores de las Facultades de Ingeniería Eléctrica, Mecánica y Medicina. Originalmente el programa se planteó con una duración de dos años. Los estudiantes admitidos al programa debían cursar dos materias nivelatorias: Electrónica y Programación, con una duración de un semestre. Estos cursos fueron considerados fundamentales para que el estudiante pudiera abordar con éxito la especialización.

Dos cursos de fundamentación física: Física teórica I y Física teórica II, fueron diseñados de tal manera que el egresado adquiriera los conceptos físicos necesarios que se involucran en el diseño de equipo de medida: Sensores, Transductores, etc. Cursos de 6 horas semanales durante 16 semanas, con un 60% teórico, o sea, clases magistrales por el profesor y 40% restantes de aplicación práctica. Y finalmente los cursos de especialización: Aplicaciones de circuitos lineales, aplicaciones de circuitos digitales, teoría de control, elementos de computación en tiempo real y proceso digital de señales, y seminario y proyecto.

Este programa cumplió con sus objetivos iniciales. Capacitó profesionales de la región en sectores de la industria, la educación y la salud. Se beneficiaron de este programa mediante el plan general de capacitación de la Universidad profesores de las facultades de: Mecánica, Ciencias Básicas, Medicina y Escuela de Química igualmente recibieron capacitación profesores de las Universidades del Quindío, Caldas, Autónoma y profesionales de otras empresas del eje cafetero; finalmente un grupo de profesores de educación media también recibieron capacitación.

## **2. MODIFICACION DE PROGRAMA.**

La propuesta de modificación se fundamentó en:

- La necesidad que tenía el programa de estar acorde con las tendencias actuales de las especializaciones.
- La modernización de los contenidos curriculares.

El tiempo previsto para que el estudiante culminar sus estudios de especialización era de dos años y medio, y si a esto le sumamos que como requisito final se debía realizar una monografía dentro de la materia seminario y proyecto, aumentaba entre 4 y 6 meses el tiempo planteado; en total tres años aproximadamente, tiempo realmente injustificado si se tiene en cuenta que las especializaciones ofrecidas en el país y en el interior mismo de la Universidad se ofrecen en promedio entre un año y año y medio. En lo que respecta a los contenidos curriculares estos no

correspondían a los que se ofrecían en la práctica. Por tal razón el comité curricular fundamentado en encuestas realizadas a estudiantes y sugerencias recibidas por profesores y egresados sometió a análisis la situación académica del programa.

La Universidad Tecnológica de Pereira es una Universidad realmente joven y por lo tanto con una experiencia limitada en programas al nivel de postgrado comparada con Universidades como Antioquia, Nacional, Valle, etc.; esta última, por ejemplo, cuenta con 4 doctorados 43 maestrías y 68 programas de especialización.

**2.1 Propuesta de modificación del programa.** Los programas de postgrado en Colombia se clasifican en especializaciones, maestrías, doctorados de acuerdo a la ley 30 de 1.992. Los programas de especialización son aquellos que se desarrollan con posterioridad a un programa de pregrado y posibilitan el perfeccionamiento en la misma ocupación, profesión, disciplina o áreas afines o complementarias.

Los programas de maestría están orientados a dotar a la persona de los instrumentos básicos que habiliten como investigador en un área específica de las ciencias o de las tecnologías los programas de doctorado en la formación de investigadores a escala avanzada. Se debe entender entonces la especialización como la oportunidad para actualizar conocimientos o adquirir aquellos que no son propios de su disciplina pero que le permitirán en niveles avanzados de formación, integrarse a grupos interdisciplinarios. No se puede en este nivel de formación aspirar a realizar trabajos de investigación, razón por la cual no hablamos de tesis de grado sino de monografías o trabajos que integran los conocimientos adquiridos a lo largo del programa.

En este sentido no es necesario ni práctico que en cada materia los estudiantes necesiten un trabajo de integración de conocimientos, sino que dicha integración se realice al final de la especialización en la asignatura seminario y proyecto, con aportes por grupo de acuerdo a las fortalezas de formación que incluya su formación de pregrado y los conocimientos adquiridos en la especialización, esto se traduce a través del proyecto como una primera actividad interdisciplinaria. Por lo tanto se propone eliminar los proyectos que se vienen realizando en cada materia como requisito para aprobación de la asignatura y dejar dicha integración para la materia seminario y proyecto donde se deben integrar dichos contenidos.

Por otro lado la experiencia ha demostrado que se puede agilizar el manejo de contenidos haciendo uso de las herramientas actuales como paquetes de programación, simuladores, etc., por tal razón se propone en algunos cursos de la especialización un cambio en la intensidad horaria semanal, de 6 horas semanales a 4 horas semanales.

En resumen son dos las razones que justifican cambio de intensidad horaria:

- Supresión del proyecto por asignatura, que consume parte de la intensidad horaria en asesoría.
- Uso de modernas tecnologías en transmisión de conocimientos.

En estas condiciones el programa pasaría de tener una duración de dos años a un año y medio. Para presentar esta propuesta el coordinador actual del programa asistió en calidad de observador

a la totalidad de los cursos, durante el transcurso de la cuarta promoción recibió sugerencias de estudiantes a través de encuestas, igualmente conceptos de profesores y egresados.

### **3. ASPECTO FINANCIERO Y ADMINISTRATIVO:**

Inicialmente la Universidad Tecnológica de Pereira administraba directamente los programas de extensión y de postgrado pero su incapacidad para hacerlo eficientemente obligó a crear una fundación de carácter privado y sin ánimo de lucro "Fundación Universitaria para la Cultura", con quien realiza convenios para la administración de los programas. Cada postgrado en forma independiente realiza su presupuesto, este es recomendado por el comité curricular ante el consejo de facultad para ser diligenciado posteriormente en el académico con el visto bueno de la división administrativa y el centro de investigaciones, este presupuesto es posteriormente ejecutado a través de dicha fundación. El coordinador del programa es el ordenador del gasto.

No existe en la actualidad una política homogénea en el manejo de los programas de postgrado cada uno de estos establece la tabla de estímulos tanto para profesores como para docentes, monitores, y coordinadores de los mismos. Igualmente la forma como se distribuyen los recursos; establece una clara discriminación en los programas de postgrado. Aquellos donde se justifica trabajar por la buena remuneración en el pago de la hora y otros donde este no es muy llamativo. La naturaleza del postgrado en lo que respecta a la tecnología utilizada reduce el presupuesto y hace difícil poder ofrecer una alta remuneración a la hora cátedra, sin embargo se ha contado con un alto compromiso por parte de los profesores que sirven en particular a este programa de tal manera que no ha sido afectado el compromiso que tenemos con la población estudiantil y con el Depto. El costo del programa es de 13.8 salarios mínimos, siendo el más económico de la región. El programa no cuenta en la actualidad con un mecanismo que obligue al estudiante a pagar la totalidad en caso de retiro. Los recursos obtenidos a lo largo de sus 5 promociones se han revertido en: Pago de profesores, compra de equipos, dotación de sala de cómputo, laboratorio de electrónica, compra de software, etc.

La administración de la Universidad Tecnológica de Pereira, presentó hace aproximadamente 8 meses una propuesta que pretendía unificar la forma como se distribuyen los recursos en los programas de postgrado: Pago de profesores y coordinadores así como el porcentaje que le corresponde a la Universidad para investigación, recursos bibliográficos, etc. Este proyecto fue presentado a los directores de programa quienes rechazaron el hecho de no haber tenido participación en su elaboración, ya que la vida académica y administrativa de estos programas depende de ellos, a raíz de esto se formó un grupo de trabajo que se reúne semanalmente y que tiene como objetivo elaborar una propuesta de unificación de los programas de postgrado de la Universidad Tecnológica. Propuesta difícil, dado el perfil profesional de la población estudiantil que posee cada programa. Cada propuesta que se haga alrededor de un programa de postgrado se enfrentará a tres fuerzas: por un lado la administración de la Universidad que tratará de administrar y captar recursos, por otro un sector del profesorado que lucha contra la autofinanciación ya que cualquier propuesta de unificación debe incluirla y finalmente los directores de programa que adelantan en cada promoción una lucha tenaz para mantener un punto de equilibrio en medio de una situación donde las escasas oportunidades para nuestros egresados no son estímulo para hacer estudios de postgrado.

#### 4. ASPECTOS ACADÉMICOS Y PEDAGÓGICOS:

Es una lástima que algunas Universidades privadas se hayan dedicado a comercializar la educación posgraduada, pero lo es más aún el que este juego lo sigan ya algunas Universidades Públicas. Surge entonces una pregunta, ¿ Hay que ofrecer programas de baja calidad para captar recursos ? Seguramente que no, sin embargo esto no implica que la Universidad Pública no esté obligada a reconsiderar la forma de hacer academia y en particular de revisar sus estrategias pedagógicas, por que puede ser esta una de las razones del fortalecimiento de los programas de postgrado de dudosa calidad académica.

No es difícil encontrar programas de postgrado de Universidades Públicas que se ufanan de contar con 10 promociones y solo haber graduado 5 estudiantes, y esto porque los asesores de proyecto a nivel de especialización o maestría plantean proyectos que van más allá de los objetivos del programa, olvidándose que el proyecto es una responsabilidad tanto del director como el estudiante. La experiencia le enseñó al programa de instrumentación que sus objetivos no debían rebasar los propios de una especialización y que cada proyecto debía ser estudiado cuidadosamente . Los proyectos de la cuarta promoción del programa adquirieron el carácter de monografía y se está desarrollando exitosamente.

El profesor de pregrado que en última instancia termina siendo el profesor de postgrado cree que el único camino ético para la promoción del estudiante es el examen escrito estableciendo una frontera entre lo aprobado y lo reprobado olvidando otras estrategias pedagógicas que deben tener los programas. Las últimas promociones de la especialización sometieron exitosamente a prueba el trabajo de tareas por grupo con informes semanales. Los resultados evaluados por los profesores en los últimos 4 años han demostrado que el proceso de evaluación debe llevar a la adquisición e integración, de conocimientos a través de tareas bien planteadas y cuidadosamente dirigidas por el asesor, indiscutiblemente esto requiere mucha entrega por parte de este; otra cualidad que hemos logrado encontrar en los profesores que se han comprometido con el programa. Finalmente hay que tener en claro que todos los estudiantes de postgrado tienen diferentes intereses. Unos pueden necesitar el postgrado para simplemente una capacitación que le permita enfrentar la actividad docente o en la empresa en mejores condiciones académicas y como es de esperar una mejor remuneración económica, por último existe un grupo muy reducido de estudiantes de postgrado, normalmente recién egresados que serían potencialmente investigadores pero que son los más inestables laboralmente, es por lo tanto este grupo, el que debe captar la Universidad porque puede generar investigación. La Universidad Tecnológica no cuenta con políticas con respecto a estos estudiantes y ha sido un esfuerzo individual de estos y de un buen grupo de profesores, lo que ha permitido al programa de especialización alcanzar el buen nivel que tiene y que es ampliamente conocido a nivel regional y nacional.

#### 5. CONCLUSIONES:

- El programa de Especialización en Instrumentación Física, es un programa que ha recibido un grupo de profesionales de diferentes disciplinas y de diferentes instituciones, incluyendo Profesores de las más importantes instituciones de nivel superior del viejo Caldas incluida la UTP.

- Pese a las dificultades de los programas de alta exigencia académica para subsistir en el mercado de los postgrados, la especialización ha logrado recoger en promedio 22 estudiantes por promoción.
- El programa ha evolucionado en lo pedagógico gracias a un grupo de profesores que han entendido que es posible competir con calidad.
- La Universidad debe generar políticas que permitan estimular la investigación de estudiantes recién egresados.
- Sus contenidos curriculares han evolucionado acorde a las tecnologías actuales.
- El programa ha alcanzado la suficiente madurez para ofrecer una maestría en instrumentación física; en la actualidad ya existe un plan de estudios y empezará a hacer trámite en las diferentes instancias correspondientes.

## **5. BIBLIOGRAFIA.**

**Llamosa Rincón Luis Enrique y otros, Proyecto de Especialización de Instrumentación Física, UTP, 1990, Pereira-Risaralda.**

**Ardila Urueña William, reforma a la Especialización en Instrumentación Física, UTP. 1997, Pereira-Risaralda.**

**ASCUN. Evaluación y Acreditación de Programas de Postgrado y Doctorado, Julio de 1997.**

# EXPERIENCIA PEDAGÓGICA E INVESTIGATIVA EN EL ÁREA DE LA INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA DE LA ESPECIALIZACIÓN EN INSTRUMENTACIÓN FÍSICA DE LA UTP

**Luis Enrique Llamosa Rincón**  
**William Ardila Urueña**  
**Facultad de Ciencias Básicas**  
**Universidad Tecnológica de Pereira**  
**Apartado Aéreo 97**  
**Pereira - Risaralda**

**Resumen:** Se quiere presentar en este artículo la experiencia pedagógica e investigativa desarrollada dentro de una de las áreas de trabajo de la “Especialización en Instrumentación Física” de la Universidad Tecnológica de Pereira; ésta área se denomina “Instrumentación Biomédica”. El objetivo es mostrar como el trabajo interdisciplinario y el pensum flexible de la especialización, ha generado trabajo de investigación mediante el cual se han integrado especialistas de diferentes disciplinas y estudiantes de especialización y aun de pregrado, dando como resultado una serie de trabajos, en el que se resalta el “Laboratorio de Investigación del Sueño” del “Grupo de Electrofisiología de la UTP”; Grupo que a su vez se ha venido integrando alrededor del trabajo pedagógico desarrollado por sus integrantes en asignaturas del postgrado, tales como: Física teórica II (física de transductores), electiva en instrumentación biomédica y seminario y proyecto. Actividades como la mencionada se han convertido en una fuente generadora de desarrollo pedagógico, investigativo y de extensión que en un futuro, gracias a sus resultados, llevará el programa de especialización de una manera natural y no brusca al nivel de maestría.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Especialización en Instrumentación Física de la Universidad Tecnológica de Pereira es un programa de carácter interdisciplinario que ya cuenta con un total de 40 egresados producto de cuatro promociones, dentro de los cuales se encuentran en un alto porcentaje Profesionales de las diferentes áreas de la Ingeniería; además: Físicos, algunos Químicos, Licenciados en Física y Licenciados en electricidad y electrónica.

Dentro de su p nsium, el programa de Especialización en Instrumentación Física cuenta con dos asignaturas de fundamentación teórica, ellas son: Física teórica I y Física teórica II, además están las asignaturas de especialización entre las cuales se encuentran las electivas, de las cuales el estudiante escoge una, de acuerdo al área de su interés; esta asignatura electiva le servirá al estudiante de base para desarrollar el denominado "Seminario y proyecto", donde el futuro especialista desarrolla su respectivo trabajo de grado.

La "Instrumentación Biomédica" es el área electiva que más se ha desarrollado y fortalecido, hasta el punto de haber dado origen a uno de los Grupos más importantes a nivel investigativo de la Universidad: "El Grupo de Electrofisiología"; conformado por Ingenieros, Físicos y Médicos de diferentes disciplinas, y que además cuenta con la participación de estudiantes del programa de especialización y con estudiantes de los programas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería de Sistemas de la Universidad, quienes desarrollan sus correspondientes trabajos de grado dentro del Grupo. Esto ha dado como resultado la realización de un número apreciable de trabajos que han tenido como objetivo la medida y análisis en los seres humanos de potenciales bioeléctricos y fisiológicos en general, en el que se resalta el "Laboratorio de Investigación del Sueño", que hoy funciona en la UTP.

Todo lo anterior se debe en gran medida al trabajo pedagógico interdisciplinario desarrollado por integrantes del Grupo en asignaturas tales como: Física teórica II (Física de transductores), Electiva en Instrumentación Biomédica Y Seminario y Proyecto. Estas asignaturas han sido dirigidas en "equipo" por miembros del "Grupo de Electrofisiología".

Gracias a estos resultados y a la experiencia vivida, se ha iniciado el proceso para que el programa de especialización se convierta en un futuro, de una manera natural y no brusca en un programa de maestría. Creemos que un programa de maestría cuyo objetivo primordial es el de formar investigadores, debe partir con base en una infraestructura académica e investigativa que sólo se obtiene por medio de la tradición y experiencia académica e investigativa de los docentes involucrados en el campo de estudios respectivo de la maestría que se quiere implementar.

En el complejo mundo actual, los grupos interdisciplinarios son obligatorios dentro del proceso investigativo de cualquier disciplina, por esta razón los programas de maestría y más aún los de doctorado deben partir institucionalmente como resultado del trabajo pedagógico e investigativo desarrollado por estos grupos, que han logrado trascender en el ámbito institucional por sus resultados.

## **2. EXPERIENCIA PEDAGÓGICA**

El programa de Especialización en Instrumentación Física de la UTP cuenta con tres áreas de trabajo dentro de las cuales se encuentra el área de la Instrumentación Biomédica, todos los estudiantes de postgrado deben cursar asignaturas de fundamentación física y asignaturas de especialización. Dentro de esas asignaturas, miembros del actual Grupo de Electrofisiología, participaron desde un comienzo como profesores de algunas de ellas y luego por la confluencia de sus intereses, dirigieron ellos mismos la asignatura electiva en Instrumentación Biomédica y el seminario y proyecto en el cual los estudiantes luego de un corto seminario, realizan su respectivo trabajo de grado. El "Grupo de Electrofisiología" surge inicialmente por la unión de este grupo de Profesores de diferentes facultades de la UTP, que participan en la responsabilidad

académica del postgrado. Las facultades involucradas en el postgrado son: La facultad de Ingeniería Eléctrica, la Facultad de Medicina, y la Facultad de Ciencias Básicas quien a su vez también dirige el Depto de Ingeniería de Sistemas de la UTP.

Es importante resaltar como una de las experiencias de tipo pedagógico importante, el hecho de que la mayoría de las asignaturas ha sido dictada por más de un profesor, este aspecto se ha hecho notable en el área de instrumentación biomédica, donde por ejemplo la electiva en esta área se dicta por parte de tres profesores diferentes, debido a la interdisciplinaridad de los temas. Es así como los aspectos fisiológicos son dirigidos por un Médico de la Facultad de Medicina y los temas propios de la instrumentación biomédica son dictados por un Ingeniero Electrónico y por un Físico especializados en estos temas. El hecho de compartir la responsabilidad académica de una asignatura por parte de varios profesores, hace que exista una mayor interrelación entre ellos y que los temas sean abordados desde el punto de vista de las diferentes disciplinas involucradas en el tema, lo cual es de mucho mayor provecho para los estudiantes. La unión de varios profesores alrededor de una asignatura, sentó las bases necesarias que dieron origen al “Grupo de Electrofisiología”.

Los mejores resultados alrededor de este tipo de experiencia se han obtenido en la asignatura “seminario y proyecto” dictada en la tercera promoción de la especialización, la cual fue dirigida por el “Grupo de Electrofisiología” en pleno, con el objetivo de elaborar trabajos alrededor del montaje de un “Laboratorio de Investigación del Sueño”. El Grupo dirigió veinte estudiantes, pues en esta promoción todos los estudiantes optaron por el área de instrumentación biomédica debido al interés que despertó el proyecto en ellos.

Se diseñaron y construyeron prototipos interfazables con computador para la detección de potenciales bioeléctricos EEG, EMG, EOG, ECG en polisomnografía; se diseñaron y construyeron prototipos interfazables con computador para la medición de pletismografía abdominal y torácica, temperatura y flujo de aire nasal y bucal, también utilizados para el análisis de sueño; así como también se diseñó y construyó un sistema autónomo para la visualización de biopotenciales. De la misma forma un grupo de estudiantes se encargó del diseño de una base de datos para el laboratorio de sueño. Como se observa se desarrollaron gran cantidad de trabajos gracias a la participación de todo el “Grupo de Electrofisiología”, que en ese entonces contaba con seis miembros. La metodología seguida en la dirección de la asignatura seminario y proyecto fue la siguiente:

El Grupo en pleno desarrolla el seminario introductorio al proyecto y dada su interdisciplinaridad se analizan los aspectos fisiológicos, clínicos, electrónicos y de programación respectivos. Luego, para la dirección de los diferentes trabajos, los miembros del Grupo de Electrofisiología se dividen en tres subgrupos de dos profesores cada uno, encargándose a cada subgrupo la dirección de tres trabajos de grado; todos los trabajos lograron ser terminados. Hay que anotar que con anterioridad tres profesores miembros del Grupo se habían encargado de la asignatura electiva en instrumentación biomédica, en la que participaron los otros miembros del Grupo con conferencias dirigidas al estudio electrofisiológico del sueño.

Aspectos importantes que se pueden resaltar dentro de la experiencia pedagógica de los miembros del Grupo de Electrofisiología en la dirección de asignaturas del postgrado son las siguientes:

- Cada una de las asignaturas del área de la instrumentación biomédica no fue dirigida por un sólo Profesor, dado el carácter interdisciplinario de las mismas, ellas fueron dirigidas por varios Profesores de diferentes facultades, que se encargaban de los diferentes tópicos de cada una de ellas, esta misma experiencia se trasladó a otras asignaturas del postgrado.
- Al ser la Especialización en Instrumentación Física un postgrado dirigido por tres facultades (Facultad de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Facultad de Medicina) el carácter interdisciplinario del área de la instrumentación biomédica se ha realzado, aún más teniendo en cuenta que en la UTP, la Facultad de Ciencias Básicas dirige el programa de Ingeniería de Sistemas.
- En todas las asignaturas, dadas las características del postgrado se tiene un componente teórico y un componente práctico desarrollado con base en la infraestructura de laboratorios que posee la Universidad y en los laboratorios del postgrado (laboratorio de instrumentación electrónica y sala de computadores).
- Se han utilizado recursos educativos (software y hardware) modernos que facilitan y aceleran el aprendizaje por parte del estudiante y que al mismo tiempo lo ubican dentro del contexto tecnológico moderno.
- Los trabajos teóricos - prácticos de las respectivas asignaturas son realizados por parte de los estudiantes con base en situaciones reales; en lo que respecta a nuestra experiencia en el área de la instrumentación biomédica ellos van dirigidos al análisis, criterios de diseño, desarrollo de software, etc, para la medición de variables electrofisiológicas.
- Se realizan visitas y prácticas en entidades y consultorios especializados en el área de la salud, esta labor se ha facilitado por la participación de profesores de la Facultad de Medicina en el área de la instrumentación biomédica.
- La asignatura "seminario y proyecto" dadas las características de la misma, principalmente en los que concierne al número de trabajos de grado que pueden resultar y para los cuales sería difícil conseguir asesores para cada uno de ellos, se ha visto beneficiada por el trabajo interdisciplinario realizado por el "Grupo de Electrofisiología" que con base en su experiencia logra que los estudiantes saquen adelante sus trabajos de grado, obteniendo al mismo tiempo beneficios de ellos.

### **3. EXPERIENCIA INVESTIGATIVA**

En la Especialización en Instrumentación Física de la UTP, se trata de introducir a los estudiantes en la experiencia investigativa en todas las asignaturas, mediante trabajos teóricos – prácticos, los cuales están enfocados en su mayoría hacia el diseño de software y hardware que conduzcan a la medición y análisis de parámetros físicos. En el área biomédica de la especialización, los estudiantes que han optado por esta línea de trabajo, desarrollan los cursos de instrumentación biomédica (electivo) y el curso denominado seminario y proyecto, el cual como ya se ha explicado conduce a la elaboración del trabajo de grado respectivo, que puede ser elaborado en

grupos de dos estudiantes. A pesar de que un programa de especialización no tiene la exigencia de formar investigadores como lo hacen los programas de maestría y de doctorado, el programa de especialización en sus primeras cuatro promociones dentro del área biomédica logró desarrollar trabajos de alto nivel, que a pesar de poder ser catalogados como desarrollos tecnológicos, involucran dentro de su realización procesos propios de la investigación. A continuación mencionaremos algunos de ellos:

- Diseño y construcción de un módulo EEG interfazable con microcomputador.
- Diseño y construcción de un cardiómetro computarizado.
- Diseño y construcción de un instrumento para la medición de la temperatura corporal.
- Diseño y construcción de una tarjeta para la medición de ECG en polisomnografía, interfazable con microcomputador.
- Diseño y construcción de una tarjeta para la medición de EEG en polisomnografía, interfazable con microcomputador.
- Diseño y construcción de una tarjeta para la medición EMG en polisomnografía, interfazable con microcomputador.
- Diseño y construcción de una tarjeta interfazable con computador para la medición del flujo de aire nasal y bucal.
- Diseño y construcción de una tarjeta para la medición de EOG en polisomnografía, interfazable con microcomputador.
- Desarrollo de una base de datos para el laboratorio de investigación del sueño.
- Diseño y construcción de una tarjeta para la medición de pletismografía en estudios de sueño.
- Diseño y construcción de un sistema para la visualización de señales bioeléctricas.
- Desarrollo de herramientas de programación para la toma y análisis de datos.
- Diseño y construcción de un detector de apneas.
- Diseño y construcción de un estimulador muscular controlable (E.M.C.).
- Diseño y construcción de una cámara sonoamortiguada
- Diseño y construcción de un sistema autónomo para la medición de presión y temperatura corporal.

Como se observa la producción es digna de ser mencionada, y a pesar de que los trabajos han quedado en la fase de prototipos, dejan una base excelente para poder ser llevados a otras instancias. Alrededor de todos estos trabajos se han involucrado miembros del actual "Grupo de Electrofisiología", que por medio de toda esta experiencia montaron en la UTP un laboratorio de investigación del sueño, mediante financiación obtenida con base en la presentación de proyectos a diferentes entidades incluida la Universidad; el laboratorio ya se encuentra funcionando y en él se realizan trabajos de docencia, investigación y extensión a la comunidad Risaraldense, que involucran a los estudiantes de las diferentes facultades de la UTP, y que lo convierte en un foco generador de proyectos de investigación, que llevará a la actual especialización al nivel de maestría.

Además de los resultados anteriores, miembros del "Grupo de Electrofisiología" han logrado presentar sus resultados en diferentes congresos y tienen en la actualidad una buena producción en lo que a artículos se refiere.

#### 4. CONCLUSIONES

- La interdisciplinariedad de los Profesores que han participado en el área biomédica y su trabajo en equipo, han sido factores fundamentales que han generado capacidad pedagógica e investigativa en esta área.
- La realización por parte de los estudiantes de un trabajo en cada una de las asignaturas que involucre la utilización de los conocimientos adquiridos en la solución de un problema real, sin saturar a los estudiantes con demasiadas tareas y exámenes, es un estímulo para que ellos desarrollen su capacidad investigativa, y al mismo tiempo apliquen de una manera natural los conocimientos adquiridos, reforzando los de otras asignaturas ya vistas.
- Los Grupos de investigación no surgen por generación espontánea, son el producto de un trabajo en equipo, que surge por la confluencia de intereses y que va madurando de una manera gradual, en la medida que se vayan logrando objetivos que conduzcan con base en la experiencia lograda a investigaciones de alto nivel. Al menos esto es cierto para el caso de nuestras Universidades, en las cuales no se puede contratar de la noche a la mañana un conjunto de “Genios” para realizar una investigación específica.
- En las Universidades de provincia en las que el número de Grupos de investigación son mínimos, se puede estimular la formación de ellos, mediante la participación interdisciplinaria de Profesores en asignaturas que así lo permitan, principalmente aquellas de tipo electivo que conducen a los estudiantes a la realización de sus trabajos de grado, ya sea a nivel de pregrado o de postgrado.
- Creemos que un programa de maestría y mucho menos uno de doctorado, puede surgir de la noche a la mañana; es el trabajo de los Grupos de investigación, oficialmente instituidos, y sus resultados, los que generan de una manera natural un programa de este tipo.
- El gran mercado de “especializaciones” que existe hoy en día en nuestras ciudades, para un público ávido de preparación postgraduada, debe ser aprovechado no solamente en lo que a finanzas se refiere, es una oportunidad excelente para estimular a los Profesores a la conformación de Grupos, que en un futuro, mediante la experiencia adquirida se puedan convertir en Grupos de investigación, que con sus proyectos generen ingresos extras para la Universidad y para ellos mismos.
- Tanto en los aspectos pedagógicos como investigativos la participación de los estudiantes es de vital importancia, son ellos los futuros docentes e investigadores, además de ser una ayuda excelente en lo que a realización de trabajo se refiere, como alguien lo decía en algún congreso: “Son la mano de obra más barata y de mejor calidad que existe en el universo”.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

1. Llamosa Rincón Luis Enrique y otros, Proyecto de Especialización en Instrumentación Física, UTP, 1990, Pereira – Risaralda.
2. Ardila Urueña William, Reforma a la Especialización en Instrumentación Física, UTP. 1997, Pereira – Risaralda.

# PROYECTO PRE-DISEÑO BONGO FLUVIAL RIO MAGDALENA

**Magaly Martinez-Aparicio Olaya**  
**Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla**

## RESUMEN

Los Bongos que operan en el río Magdalena, se caracterizan por que sus Cascos tienen formas rústicas y brutas. Los diseños se basan en modelos de principios de siglo. Las actuales condiciones de navegación y comercialización, obligan a buscar formas hidrodinámicas que transporten cantidades de carga mayores a menores calados que los actuales.

Se realiza un pre-diseño, bajo las condiciones hidrodinámicas, navegabilidad y comercialización, que nos ofrece el río Magdalena. Este atraviesa de sur a norte y ha sido tradicionalmente protagonista y puerta de intercambio del desarrollo industrial, cultural y social de nuestro país. Las características físicas como Esloza, Manga, Puntal y Desplazamiento, giran alrededor de los Calados posibles, que permitan la navegación en invierno como verano sin disminuir la capacidad de carga de aproximadamente 800 Toneladas, distribuidos entre contenedores, carga al granel, provisiones de combustible y agua.

## GENERALIDADES

El río Magdalena ha sido desde épocas pasadas la vía de comunicación predilecta para el desarrollo de la nación, a través de este río entro a nuestro país el ferrocarril, se comunico la costa con el interior, se comercializa desde tiempos inmemorables, por sus aguas surcaron nuestros próceres, nuestras materias primas hacia el exterior, las maquinarias, equipos y tecnologías del exterior al interior del país para la grandeza y desarrollo de Colombia.

El país se ha dado cuenta que en esta época de globalización e internacionalización y apertura comercial, cultural y tecnológica, una de las mejores opciones con que se cuenta como vía de transporte sigue siendo el río, usando la unitización de la carga, como es el contenedor. Esto trae como consecuencia reactivar en su totalidad el transporte fluvial, establecer centros de transferencia de carga, implementando la logística y la seguridad.

Como lo afirma el ingeniero Hernando Rueda Pérez \*. Disponer nuevamente de una navegación rápida, segura y eficiente por el Río Magdalena, es prácticamente imposible enmarcándose en costos razonables, ya que las condiciones del río, en muchas zonas y épocas del año son adversas, y las inversiones que se deben realizar en operaciones de dragado son muy costosas y como ha quedado demostrado en el Canal del Dique, dichas operaciones de dragado se pierden en cortos plazos por el gran volumen de sedimentación y contaminación que arrastra el Magdalena.

Pero como el río sigue siendo una vía natural que debemos aprovechar es necesario desarrollar un tipo de barco que se acomode a las características y condiciones actuales de este. Siendo esto el objetivo y la razón del presente prediseño.

## **OBJETIVO**

La presente investigación tiene como objetivo fundamental desarrollar el diseño de un Bongo Hidro-Aerodinámico, exclusivo para el río Magdalena. Tomando como parámetros invariables: El mínimo calado posible de 0.90 metros, capacidad de carga de 800 toneladas, Auto propulsado, de fácil maniobrabilidad y atraque, así como de costos de producción asequibles para los Armadores y de rápida y fácil construcción.

## **JUSTIFICACION**

El proceso de apertura en que se encuentra el país, justifica desarrollar políticas sobre el mejoramiento de las vías y elementos que hacen posible el transporte. Dentro de nuestros deberes como docentes universitarios debemos incentivar, investigar, analizar y dar posibles y viables soluciones a los obstáculos que impiden que abramos completamente nuestro país al mundo.

Si adecuamos una embarcación a nuestro río y no el río a la embarcación, minimizaríamos los costos y daríamos inicio a una flota fluvial, que haría que los costos de transporte bajaran considerablemente lo que le permitiría a la nación el poder competir internacionalmente en precios de todos los productos y riquezas que como país privilegiado por la mano de Dios tenemos.

## **DESARROLLO DEL ANTEPROYECTO**

Usando el procedimiento de la espiral del Diseño y sus respectivas etapas el desarrollo de este, se ha programado así:

**Concepto del Diseño:** Se establece los parámetros básicos de diseño de la unidad, en nuestro caso son: Restricciones de Calado, capacidad de carga (unirritarizada y al granel), Autopropulsado, alta Maniobrabilidad, Efectividad Atraque, bajos costos y facilidad de construcción.

**Diseño Preliminar:** Analizados y procesados los conceptos de Diseño, se procede a desarrollar cada una de las etapas que lo conforman (Planos de líneas de forma, cálculos de estabilidad estática y dinámica, Resistencia y Propulsión, Sistemas auxiliares, distribución, cálculos estructurales y Maniobrabilidad). Etapa en la cual se encuentra la presente investigación)

**Diseño De Contrato:** Se realizan los Cálculos de Arquitectura e ingeniería naval concretando el diseño definitivo y sus respectivas especificaciones técnicas para su construcción.

### **Formas Geométrica De La Unidad**

Como condición básica tenemos que nuestro prototipo debe calar como máximo 0.90 metros para una capacidad de carga no inferior a 800 toneladas y un desplazamiento de

1000 toneladas aproximadamente. Basándome en los diseños de formas hidrodinámicas , proyecto una embarcación cuyas líneas de forma presentan entradas de agua de manera tal que el movimiento de las partículas del agua se mantengan en lo posible, lineal ,evitando las turbulencias generadas cuando los perfiles en el casco son de cortes rectos formando vórtices, tal que las direcciones de las partículas de agua se distorsionan cambiando bruscamente de dirección, lo que aumenta considerablemente la resistencia al desplazamiento. Estas mismas entradas, túneles ( ver anexo Plano general) por sus configuraciones proporcionan un empuje y con ayuda del desplazamiento que forman los chorros tubulares de agua originan una fuerza de boyantes tal que el calado llega a 1.0 metro a máxima carga. Por restricciones de navegabilidad en el río y manteniendo relaciones dimensionales de acuerdo a las recomendaciones dadas en los diferentes estudios de tanque de prueba internacionales para este tipo de unidades, las dimensiones de Manga, Eslora y Puntal , son 12, 52 y 5 metros respectivamente.

### **Resistencia A La Propulsión**

Otra condición es que el bongo es autopropulsado, para esto lo primero que se analizo, es la Resistencia total al desplazamiento , y como anotamos arriba , estos túneles disminuyen considerablemente la influencia de la resistencia residual y friccional,. Lo que repercute en un máximo de aprovechamiento en la energía de potencia que nos proporcionan los motores para un buen desplazamiento , desarrollando una velocidad aproximada de 12 nudos.

### **Tipo De Propulsión**

La forma de la Obra Viva , permite usar un sistema de propulsión tradicional de dos hélices Babor , Estribor , teniendo gran cuidado en su alineación , absorción de cargas , empuje y reacciones , se diseño hélices que le permiten alcanzar niveles de eficiencia aceptables ayudada por las toberas. Cuenta con una línea de ejes formada por tres ejes de una longitud de 14 metros , suspendidos por fuera del casco por un Arbotante , comúnmente llamado pata de gallina , 6 metros hacia Popa a la altura de la cuaderna 1 se encuentran las hélices. En la etapa de Diseño posterior se profundizara de manera tal que ese gran porcentaje que se desperdicia de energía de empuje en solo mover la hélice se utilice para aumentar su eficiencia propulsiva.

### **Disposición De Casco Y Maquinaria**

#### **Distribución por Cubiertas**

La unidad cuenta con 3 cubiertas , la primera cubierta o cubierta de fondo contienen la sala de maquinas , donde se colocaran los motores propulsores tanto a Babor como a Estribor y sus respectivas transmisiones y sistemas auxiliares , aunque no se ha escogido la marca de los motores (corresponde a la etapa posterior) , se cuenta con las características de peso , potencia y volumen de estos. En esta misma área estarán los motores auxiliares, equipos tales como Bombas, compresores, plantas , talleres y tanques de combustible y agua potable.

En la Cubierta intermedia encontramos la bodega donde se colocaran los contenedores y las cargas a granel , siendo las áreas de 240 y 36 metros<sup>2</sup> respectivamente. Así como un salón hacia Proa con capacidad de 30 pasajeros sentados.

Y por ultimo la cubierta superior, sobre la cual se encuentra la zona de habitabilidad y el puente de mando hacia Proa . De la Cuaderna 12 a Popa encontramos otra hilera de contenedores (4x4).

### **Resistencia Estructural**

El arreglo estructural es mixto , Cuenta con 20 Cuadernas Mayores y 20 simples, la Quilla esta formada por un Mamparo Longitudinal estanco que va de Proa a Popa . Posee 4 Mamparos transversales estancos , 4 Vagras simples que corren paralelamente a la Crujía , 4 Baos longitudinales , y un puente sobre Crujía, así como 3 Palmejares tanto en Babor como Estribor. Formado un arreglo estructural sencillo y de fácil construcción , que le da la suficiente rigidez y modulo de flexión recomendados por las diferentes casas navales de clasificación . El forro del casco en el fondo va desde 10mm de espesor partiendo de la quilla hasta 7.5mm para las tracas a la altura de la línea de flotación, en la obra muerta encontramos que el espesor cambia a 6mm. Todos los materiales usados en el presente diseño son clasificados (aceros navales y estructurales)

#### **Sistemas Varios**

Contara con todos los sistemas para el buen y optimo funcionamiento de la unidad , tales como Sistema de gobierno, achique de sentina, Contra incendio, Eléctrico, Aguas potables y servidas , tratamiento para estas , etc.

#### **Estabilidad Y Eslora Inundable**

Podemos analizarlas en los resultados dados en la gráfica , donde se contempla que posee una estabilidad POSITIVA, con una altura Metacentrica adecuada.

#### **Estimativo De Pesos**

Se tiene un estimativo del peso total de la unidad (peso en rosca) pero este puede variar ya que aun no se ha escogido marca de los motores y equipos que conforma los diferentes sistemas.

### **CONCLUSIONES**

- Haciendo uso de las formas y formulaciones de la Hidro y Aerodinámica, podemos llegar a obtener unidades fluviales que den soluciones seguras, eficaces y económicas al transporte fluvial.
- Se ha logrado un Prediseño de una unidad Prototipo, si bien que no Cala 0.9 metros para un desplazamiento de 1000 Toneladas, como es el objetivo , presenta un Calado de 1.0 metro a un desplazamiento de 875 Toneladas.
- Aprovechando los espacios adecuadamente se le puede dar un uso múltiple y variado, no solamente como Containero sino buque para carga a granel y transporte de pasajeros, lo que es altamente rentable.
- Las formas del casco disminuyen en gran cantidad la influencia en la resistencia total , lo que trae como consecuencia eficiencia y economía en el funcionamiento de la unidad.

### **RECOMENDACIONES**

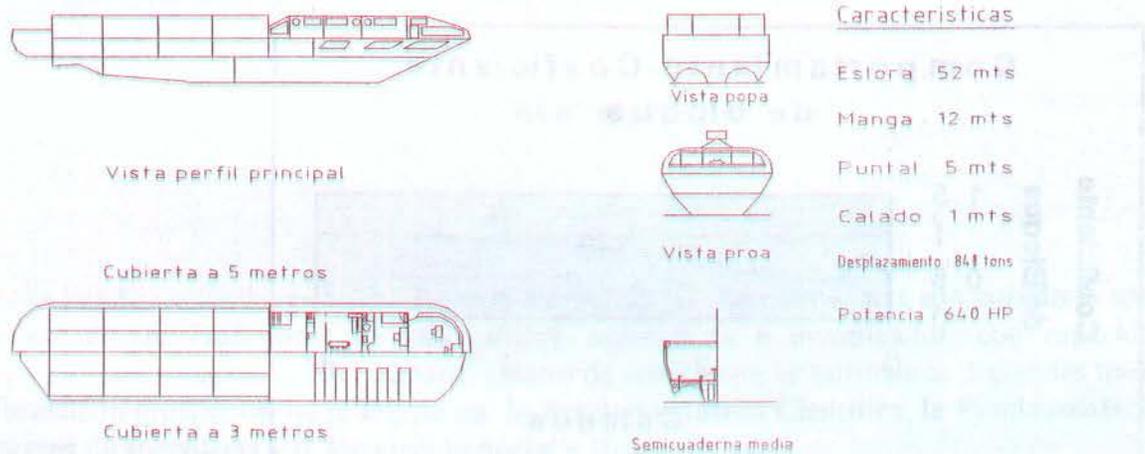
- El presente Prediseño es el inicio de una investigación que llegara , si es posible su culminación, a proporcionar una gran respuesta al transporte
- Las Universidades como entes educativos y marcadores de las vías de desarrollo científico del país deben dar soluciones practicas, razonables a los problemas que aquejan nuestra nación . Este Prediseño es una respuesta a esto.

## BIBLIOGRAFIA

- 1- S.N.A.M.E, Marine Engineering, 1986, New York, U.S.A, Volumen completo.
- 2- S.N.A.M.E, Principle Naval Architectural, 1986, New York, Volumen completo
- 3- S.N.A.M.E, Desing Naval, 1986, New York, Volumen completo
- 4- Magaly Martinez-Aparicio Olaya, Diseño de Buque Hospital Sur de Bolívar, 1997, Cartagena, Colombia.

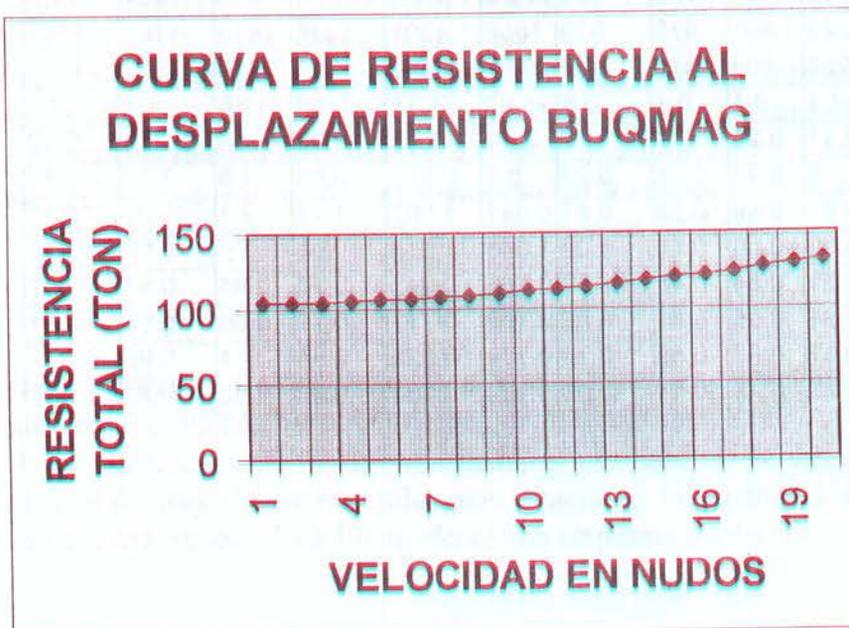
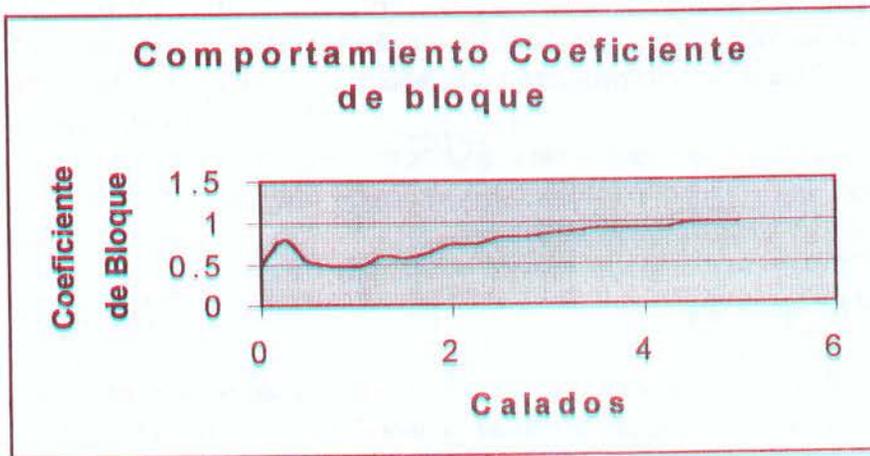
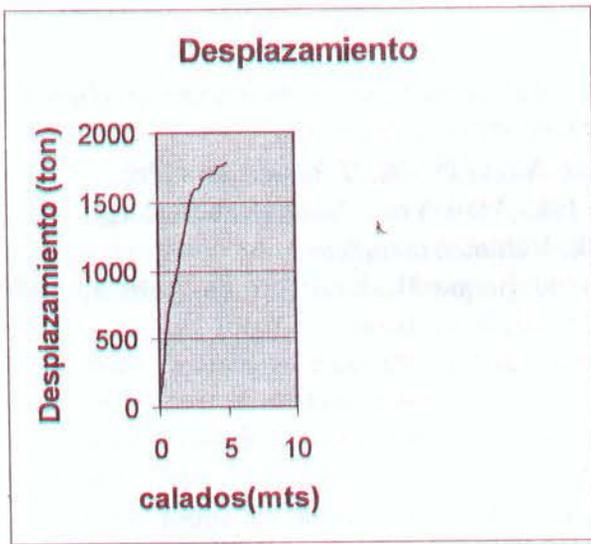
## ANEXO

Plano general buque prototipo Rio Magdalena



Valores curvas hidrostáticas

calados	0.25	0.5	1	1.25	1.5	1.75	2	3	4	5
área flotación	111	140	180	229	280.9	304.3	328	412	464	471.6
volumen	223	503	875	929	1089	1201	1316	1610	1702	1785
desplazamiento	223	503	875	929	1089	1201	1316	1610	1702	1785
lcb	14.7	-0.1	-0.4	-0.5	-1.03	-1.18	-1236	-1.36	-1.3	-1.03
lcf	0.11	0.29	-0.7	-2.7	-2.21	-1.73	-1.73	-1.46	-0.9	-0.32
kb	0	0.27	0.38	0.22	0.7	0.533	0.86	1.5	2.13	2.72
bm	0.83	0.59	0.58	0.87	0.941	1.082	1.24	2.1	2.95	3.092
km	0.83	0.86	0.96	1.08	1.641	1.615	2.1	3.6	5.08	5.812
cb	0.81	0.54	0.48	0.59	0.566	0.643	0.73	0.86	0.93	0.987
cm	0.94	0.95	0.81	0.82	0.782	0.777	0.77	0.86	0.93	0.91
cp	0.87	0.57	0.59	0.72	0.724	0.828	0.95	1	0.99	
cw	0.77	0.78	0.91	0.84	0.924	0.964	0.93	0.93	0.92	



# LA FÍSICA, ELEMENTO BÁSICO EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL DEL INGENIERO

**Jaime Arturo Lagos Figueroa. Facultades de Ingeniería Industrial y Sistemas. Universidad Cooperativa de Colombia. Seccional Pasto. Nariño - Colombia**

## RESUMEN

Suscita muchas reflexiones hablar sobre la formación de Ingenieros, más aun cuando la sociedad requiere de un Profesional de alta calidad, especialista e investigador, con capacidad de adaptación a las exigencias del mañana. Dentro de este campo se estructuran 3 grandes franjas en la formación profesional de la Ingeniería: **la Fundamentación Científica, la Fundamentación en Procesos de Ingeniería y la Formación Social y Humanística.**

El centro de atención del presente trabajo es la **Fundamentación Científica** del Ingeniero, entendiéndola como el estudio de las Ciencias Básicas íntimamente relacionadas con las disciplinas de la Ingeniería, tales como: las ciencias naturales o fácticas, la matemática y la lógica; particularmente en las ciencias naturales, y más específicamente en la **FÍSICA**, cuyo estudio debe enfocarse hacia el análisis y conceptualización de los orígenes y naturaleza de sus leyes y principios utilizando un proceso pedagógico conducente a la asimilación consciente del conocimiento y no de una simple transmisión y operación.

La preocupación por la manera como se ha venido desarrollando los cursos de física en las diferentes facultades de Ingeniería, conlleva a reflexionar sobre la verdadera importancia que representa esta asignatura en la formación del futuro Ingeniero. En la mayoría de los casos el Estudiante de Ingeniería y, lo que es más grave, el Profesional en Ingeniería, desconocen o no tienen muy clara la necesidad de recibir o haber recibido un curso en esta área.

Considerando que la ingeniería es un puente entre la ciencia y la técnica, esta necesitará de la física aquellas herramientas que hagan factible dicho puente y por esta razón, para un Ingeniero, la física deberá ser más real y práctica enfocada al modo de producción y de vida de la sociedad. Por esto hablar de formación en física para los ingenieros es un propósito tanto formativo como instrumental ya que su objetivo va en la dirección de formar una manera de entender la realidad

del mundo físico y los principios científicos sobre los que descansa la actividad profesional de la Ingeniería y simultáneamente dotar al estudiante de unas herramientas y técnicas de análisis y trabajo que le permitan desempeñarse como Ingeniero.

### **Un Comentario Sobre Las Ciencias Básicas En La Ingeniería**

La Ingeniería ha adquirido gran auge durante el presente siglo más aun en nuestro país, debido en buena parte a que la actividad del ingeniero tiene relación directa con su formación predominantemente técnica y que, por lo tanto, son obvios sus vínculos con el desarrollo tecnológico y los procesos industriales.

A la luz de esa concepción, resulta enorme la importancia del Ingeniero si se acepta que una de sus misiones es servir de enlace entre la ciencia y la técnica. Su preparación en Física y Matemática (en general en Ciencias Naturales), acompañada con la práctica tecnológica, desarrollo de aptitudes y métodos de trabajo adecuados, lo deberían volver apto para aplicar el conocimiento científico a la solución de problemas relacionados con la industria, los materiales, el uso de los recursos naturales, etc.

Es importante insistir a nivel general en una formación básica orientada hacia la tecnología pero con preparación científica. El pregrado cubre muchas áreas y asignaturas, y dada esa extensión impide profundizar. La disciplina, los métodos de trabajo y los criterios resultan de mayor calidad cuando la superficialidad y simple acumulación de conocimientos es sustituida por la profundización en temas que se consideren básicos, tanto en lo científico como en lo profesional. Esta Ingeniería Básica debe permitir al futuro profesional adaptarse a demandas profesionales distintas y a situaciones nuevas del cambiante mundo en que le tocara desenvolverse.

Dada la concepción del Ingeniero, considerado como un puente entre la ciencia y la técnica, no debe descuidarse su preparación científica; y mucho menos si se piensa que la revolución científico-tecnológica del mundo actual está exigiendo un acelerado desarrollo de nuevos conocimientos científicos, cada vez más refinados y complejos. Dicha preparación científica debe estar a cargo de profesionales en Ciencias Básicas (Matemáticos, Físicos, Químicos, Biólogos), pero al respecto es conveniente realizar la siguiente observación: **Los mencionados profesionales deben tener en cuenta que la ciencia básica que imparten está destinada a estudiantes de Ingeniería y que por lo tanto se requiere una excelente coordinación entre los niveles Básico y Profesional de la respectiva carrera.** Todo este cúmulo de profesionales deberá, de alguna manera, estar empapado o tener cierto dominio de todas y cada una de las asignaturas que conforman las Ciencias Básicas en Ingeniería.

Tanto en el pasado como hoy en día, las Matemáticas, la Química, y en particular la Física son absolutamente indispensables y esenciales para el Ingeniero ya que lo proveen de una visión del

mundo y de unas bases científicas y metodológicas para la comprensión de los fenómenos que encontrará y de las técnicas que deberá practicar en el desarrollo de su actividad profesional.

Es evidente que el desarrollo curricular de estas disciplinas se apoya en un paradigma que como tal es compartido por un número considerable de Científicos y de Ingenieros para los cuales ha sido exitoso. Pero, ¿significa esto que el modelo del mundo físico, de la ciencia y de la técnica que se viene transmitiendo a los estudiantes deba permanecer inalterado?. Sin duda tendremos que admitir que la enseñanza en Ciencias Básicas, y dentro de ellas la Física, en las facultades de Ingeniería debe ser dinámica e incorporar los avances e innovaciones que se van dando en el paso del tiempo. Para ello es necesario que los profesores estén actualizados en sus conocimientos y estén informados sobre los nuevos libros y materiales didácticos que deben emplear si quieren que el desarrollo de las ciencias marche al acelerado paso que estas llevan en el momento presente. ¿Se está haciendo en este sentido el esfuerzo suficiente?. ¿Se cuenta con los medios de información para estar al día?. ¿Se dedica como Docente parte del tiempo a mejorar y actualizar las clases o simplemente se mantienen en un estado estático y por lo tanto desactualizado?. ¿Se genera en los estudiantes la curiosidad y el espíritu investigativo?. Estos interrogantes nos llevan a reflexionar sobre la verdadera función que deben cumplir las áreas que conforman el llamado Ciclo Básico.

## **Finalidad De La Física**

" Nos movemos en nuestro ambiente diario sin entender casi nada acerca del mundo. Dedicamos poco tiempo a pensar en el mecanismo que genera la luz solar que hace posible la vida, en la gravedad que nos ata a la tierra y que de otra forma nos lanzaría al espacio, o en los átomos de los que estamos constituidos y de cuya estabilidad dependemos de manera fundamental... pocos de nosotros dedicamos tiempo a preguntarnos por qué la naturaleza es de la forma que es, de dónde surgió el cosmos, o si siempre estuvo aquí, si el tiempo correrá en sentido contrario algún día y los efectos precederán a las causas, o si existen límites fundamentales acerca de lo que los humanos pueden saber..."<sup>1</sup>

Desde el hombre primitivo que aprendió a utilizar un tronco como arma defensiva, descubrió y utilizó el fuego, talló la piedra y posteriormente construyó las civilizaciones egipcias, china, azteca, maya, entre otras, hasta el hombre que conquista el espacio, controla la energía nuclear, y tiene el alto grado de desarrollo actual, han transcurrido quizás dos o tres millones de años. A lo largo de este período, la interacción del hombre con la naturaleza, ha permitido que poco a poco la humanidad imponga su dominio con el empleo de la técnica y la ciencia.

La ciencia hace parte del progreso social de la humanidad y su método se emplea en cualquier área de la investigación y del conocimiento; a la vez que sus explicaciones en los procesos técnicos hacen posible el mejoramiento de las condiciones de la humanidad.

---

<sup>1</sup> CARL SAGAN, en la Introducción del libro: HISTORIA DEL TIEMPO de STEPHEN W. HAWKING

De acuerdo con el origen griego, FÍSICA significa, de manera general, ESTUDIO O CIENCIA DE LA NATURALEZA y es por esta razón que debe considerarse esta disciplina como la cabeza de lo que denominamos CIENCIAS NATURALES.

El conocimiento de las leyes y de los fenómenos Físicos constituye un complemento indispensable en la formación cultural del ser humano moderno, no solo en virtud del enorme desarrollo científico y tecnológico actual, sino también porque el mundo de la física nos rodea en todo momento. En efecto, la Ciencia Física aparece continuamente en nuestra vida diaria. El universo físico siempre ha sido un misterio. Al revisar los intentos realizados por el hombre para entender y explicar el universo, nos asombra el progreso que hemos logrado. Y sin embargo, el fascinante e importante mundo de la física sigue siendo el mundo de la investigación y del descubrimiento. Somos curiosos por naturaleza. No nos basta ver, sentir, gustar, oír y oler el mundo natural y sus productos. Se nos hace necesario describirlo, medirlo, explicarlo y construirlo; debemos investigar, experimentar y preguntar, la búsqueda del conocimiento es una jornada continua, es difícil pero recompensadora, y todo comienza con la física, **e ahí su finalidad.**

### **Física Para Físicos y Física Para Ingenieros**

Cuando se analiza la finalidad de la física, resulta claro que esta es y debe ser una sola, la diferencia radica en lo que cada quien quiera tomar de ella para su provecho. En este sentido no es válido hablar de la física para los Físicos y la Física para los Ingenieros, pero es cierto que debe existir una selección de contenidos que de acuerdo a las necesidades de los Ingenieros sean considerados como fundamentales, y los cuales constituyan una base científico-técnica para su formación.

Lo dicho hasta aquí implica una definición general de la Ingeniería que se presenta como la profesión que permite aplicar los conocimientos científicos para lograr el aprovechamiento y la transformación de los recursos naturales y de la información para satisfacer las necesidades individuales y colectivas. O también se puede afirmar que la Ingeniería tiene por objeto fundamental las aplicaciones prácticas de todas las leyes Físicas para el mejoramiento de la vida humana.

En particular, la física es esencial para el ingeniero, ya que lo provee de una visión objetiva del mundo y de unas bases científicas y metodológicas para la comprensión de los fenómenos que encontrará y de las técnicas que deberá practicar en el desarrollo de su actividad.

Con un enfoque de este tipo, la llamada Física para Ingenieros deberá ser más de aplicación a los fenómenos reales; el trabajo experimental no puede considerarse como algo separado de la parte teórica en esta área, sino que debe ser una parte integral de ella, de tal manera que la combinación

permanente entre teoría y práctica contribuyan a la comprensión de los fenómenos, leyes y principios que conlleven al desarrollo de la capacidad analítica del estudiante y pueda explicarse así mismo el mundo que lo rodea.

Otro ingrediente primordial que proporciona la Física, dentro del Ciclo Básico en la Ingeniería, es la investigación la cual resulta de conciliar y articular lo teórico y lo operativo con lo que usualmente utilizan los investigadores en sus prácticas y actividades investigativas. Este hecho, por lo demás, no es casual ni accidental ya que responde a uno de los problemas más agudos que debe enfrentar el estudiante de Ingeniería en el instante de traducir en términos operativos lo que conoce y ha memorizado desde el punto de vista teórico.

## Reflexiones

1. La incorporación sucesiva de nuevas ideas en el panorama científico del mundo, está relacionada en última instancia con la producción. Es precisamente la producción la que crea las condiciones experimentales que hacen posible delimitar determinadas series de fenómenos, encontrar las leyes que los rigen y al mismo tiempo concentrar la atención de los investigadores en una esfera determinada de fenómenos físicos. El desarrollo de la producción y de las formas sociales, explica porque las concepciones físicas, reflejo de la realidad objetiva, han aparecido en determinado tiempo, en determinado medio científico y en forma también determinada.
2. Por su naturaleza la Ingeniería juega un papel fundamental en el desarrollo científico-tecnológico del país. Ciencia y tecnología se unen para ser del estudiante de Ingeniería un sujeto de cambio social y un agente activo del desarrollo nacional. Para ello la ciencia, y en particular la física, asociadas con la tecnología, sugieren interrogantes para la formación del futuro Ingeniero.
3. Dentro de este contexto, se propone un cambio de orientación en la visión pedagógica y metodológica del proceso de "enseñanza-aprendizaje" de la física y demás áreas de las Ciencias Básicas, trayendo como consecuencia el desarrollo de cursos formativos y no informativos, sin distorcionar la concepción de estas asignaturas y no generar animadversión, por parte de los estudiantes hacia ellas.
4. Por otro lado, es necesario resaltar que la formación en el área básica de los programas en Ingeniería ha venido deteriorándose, poniendo en peligro la fundamentación científica necesaria para las áreas profesionales, esto se refleja en la ausencia de Investigación, lo cual impide que las Universidades participen en Investigación Aplicada para la Industria, produciendo serios daños a la región y al país.
5. Es perentorio reformular los contenidos y las formas de transmisión de los mismos, esta debe ser concertada preferentemente entre los profesionales y egresados y como resultado de esta

actividad surgirá la creación de un postgrado denominado: **ESPECILIZACION EN CIENCIAS BÁSICAS PARA INGENIEROS**, destinado a todos aquellos que de alguna manera pretendemos cambiar el enfoque tradicional educativo conducente a la formación de ingenieros operativos o técnicos, y en su lugar formar profesionales investigadores de alta calidad y competitividad.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. HALBWACHS, Francis. La física del profesor entre la física del físico y la física del alumno.
2. PSICOLOGIA GENETICA Y APRENDIZAJES ESCOLARES. Recopilación de textos sobre las aplicaciones pedagógicas de las teorías de Piaget.
3. TIPPENS, Paul E. Física, conceptos y aplicaciones. Editorial : Mc Graw Hill.
4. ZALAMEA G., Eduardo. PARIS E., Roberto. RODRIGUEZ M., Jairo Arbey. Física. Editorial : Educar editores.

Este libro se terminó de imprimir  
en los talleres de Opciones Gráficas Editores Ltda.  
el 14 de agosto de 1998 en Santafé de Bogotá



**ACOFI**

ASOCIACION COLOMBIANA  
DE FACULTADES DE INGENIERIA