



**ACOFI**

Asociación Colombiana de  
Facultades de Ingeniería

# XXI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería



**La Formación  
en Ingeniería  
para el Tercer Milenio**

El currículo, la investigación  
y la articulación de los niveles



**ACOFI**

**Asociación Colombiana de  
Facultades de Ingeniería**

## **XXI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería**

**La Formación en Ingeniería  
para el Tercer Milenio**  
El currículo, la investigación  
y la articulación de los niveles

Asociación Colombiana  
de Facultades de Ingeniería  
**ACOFI**

Cartagena de Indias, Septiembre 12 al 14 de 2001



Cra. 50 No. 27-70 Edificios Camilo Torres  
Bloque C Modulo 7 Nivel 4  
Teléfonos: 2215438 - 2219898  
Fax: 2218826 A.A. 59285  
Email: 104721.21@multi.net.co  
htt: //www.acofi.edu.co  
Bogotá, D.C. Colombia

---

- Presidente** Ing. Iván Enrique Ramos Calderón  
*Universidad del Valle*
- Consejeros** Ing. Carlos Rodado N.  
*Escuela Colombiana de Ingeniería - Julio Garavito*  
Ing. Jorge Humberto Sierra C.  
*Universidad de Antioquia*  
Ing. Javier Páez Saavedra  
*Universidad del Norte*  
Ing. Marco Blanquicett C.  
*Universidad de Cartagena*  
Ing. Roberto Enrique Montoya V.  
*Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá*  
Ing. Raúl Moreno Gómez  
*Corporación Universitaria de Ibagué*  
Ing. José Tiberio Hernández P.  
*Universidad de los Andes*  
Ing. Germán Urdaneta H.  
*Corporación Universidad Piloto de Colombia - Bogotá*

**Director Ejecutivo** Ing. Jaime Salazar Contreras  
*Profesor Titular Universidad Nacional de Colombia - Bogotá*

XXI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería  
"La Formación en Ingeniería para el Tercer milenio - El currículo, la investigación y la articulación de los niveles"

ISBN: 958-680-037-7  
Cartagena de Indias - Colombia  
Septiembre de 2001

Opciones Gráficas Editores Ltda.  
Tel. 2601643 - 2600162 Bogotá

Se permite reproducir el material publicado siempre que se reconozca la fuente.

## CONTENIDO

# PRESENTACIÓN

Dando continuidad a los diferentes temas relacionados con la educación en ingeniería, abordada desde distintos ángulos y contextos, el Consejo Directivo de la Asociación ha querido dedicar la temática de la XXI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería a reflexionar y prospectar sobre el deber ser de la **formación en ingeniería para el tercer milenio** apoyada, fundamentalmente, en toda la dimensión curricular, desde sus nuevos enfoques, estructura, flexibilidad, intensidad y metodologías de enseñanza; así mismo, se busca abordar el tema de la investigación, su rol en la formación y en la generación de conocimientos apropiados para el desarrollo de nuestra sociedad.

Reflexionar sobre la manera de formar ingenieros competitivos en un mundo globalizado y preguntarnos en cuánto tiempo estará verdaderamente preparado para actuar en la comunidad, son aspectos que no se pueden desligar de la calidad del bachiller que ingresa a la universidad y, más aún, relacionarlo con el inicio de los primeros niveles de educación. Por esto se considera fundamental proponer al país, la mejor manera de articular los niveles presentes en las etapas de la educación en Colombia incluyendo la formación tecnológica y por supuesto, teniendo en cuenta la incidencia en la formación de ingenieros de las más altas calidades y con competencias nacionales e internacionales.

En el presente documento se exponen diversos trabajos resultado del esfuerzo y dedicación de profesores representantes de universidades e instituciones universitarias a nacionales y extranjeras, enmarcados dentro de las siguientes temáticas:

- ❖ Experiencias en la estructuración de currículos en ingeniería.
- ❖ Propuestas curriculares innovadoras
- ❖ Experiencias pedagógicas.
- ❖ La investigación en ingeniería.
- ❖ Prospectiva e innovación tecnológica.
- ❖ Modelos de articulación de los niveles básico, secundario, técnico, tecnológico y universitario.

Deseamos agradecer el apoyo de los profesores entusiastas quienes hicieron posible esta publicación y para ello, la Asociación como la ha venido haciendo en los últimos años, hará un reconocimiento a su labor con la entrega de los premios ACOFI 2001.



# CONTENIDO

1. Aplicación del método de despliegue de la función calidad (QFD) en la Escuela Colombiana de Ingeniería (La universidad desde la perspectiva de Ingeniería Industrial)..... 9  
*Luis Ernesto Blanco Rivero - Escuela Colombiana de Ingeniería*
2. ¿Ensayo o experimento? Una Optica para Reorientar la Investigación en Ingeniería ..... 15  
*Norma Lucía Botero Muñoz - Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Minas*
3. Propuesta de modificación del Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniero Mecánico Electricista de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán... 23  
*Contreras E. J., Aguilar M. A., León R. F., Altamirano A. F. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México.*
4. Matemáticas discretas para Informática ..... 29  
*Rodrigo Cardoso - Universidad de los Andes - Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación*
5. Una visión de educación empresarial para la educación en Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones ..... 35  
*Ing. Javier F. Villegas Mesa - Decano Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones. Ing. Marcela Cascante Montoya - Directora de Extensión y Calidad Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones. Doctor Ing. Ricardo Llamasa - Calidad, Ingeniería de Sistemas y Modelado de Aprendizaje Organizacional – CISMA – Centro de Innovación y Desarrollo para la Investigación en Ingeniería del Software –CIDLIS– Universidad Industrial de Santander - Sede UIS Bucarica*
6. Propuesta de acción pedagógica para la formación en ingeniería en el tercer milenio ..... 41  
*EAA. William Cuadrado Cano, Coordinador Académico Universidad Antonio Nariño Sede Cartagena*
7. Escenarios futuros para la educación en ingeniería en Colombia ..... 47  
*Ricardo A. Smith y Beatriz Londoño - Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín*
8. Implementación de práctica empresarial como opción al título profesional ..... 53  
*Ing. Franco Alexis Moncayo Castillo - Facultad de Ingeniería - Corporación Universitaria Lasallista*

9.	La transferencia de tecnologías verdes: una estrategia de competitividad hoy. El caso del Café Colombiano .....	59
	<i>Helga Patricia Bermeo Andrade. Coruniversitaria, Ibagué</i>	
10.	Enseñanza de la sismología a gran escala módulo interactivo en Maloka .....	65
	<i>Claudia Tamayo Iannini, Juan Felipe Jaramillo Alvarez, Gina Liliana González Sánchez Diseño Industrial - Pontificia Universidad Javeriana, Alfaro Castillo Andrés José - Instituto Geofísico Universidad Javeriana</i>	
11.	Proyecto: diseño y construcción de un clavo intramedular bloqueado para tibia y su sistema de fijación proximal y distal .....	71
	<i>Autores: Gilberto Encinales Arango, Renan Bautista Zuloaga - Coautores: Wilsón Camacho Camacho, Jairo Alonso Lancheros Briceño, Jorge Eduardo González Torres Universidad Incca de Colombia</i>	
12.	Experiencias en la estructuración de currículos en ingeniería .....	77
	<i>Santiago Lobo Guerrero Uribe - Universidad Militar "Nueva Granada"</i>	
13.	Diagnóstico de la investigación en los programas de ingeniería de la UTP .....	83
	<i>Fernando Orozco - Director - Maestría I. Industrial, Luis E. Llamosa R. - Director - Centro de Investigaciones UTP, William Ardila U. - Director - Esp. Inst. Física - Profesores de la Universidad Tecnológica de Pereira</i>	
14.	Calidad y modelado de conocimiento educativo en Colombia .....	89
	<i>Adriana Llamosa Ardila - Asistente de Investigación CISMA / CIDLIS, Sandra Vera Arciniegas - Asistente de Investigación CISMA / CIDLIS, Ricardo Llamosa Villaiba - Profesor Titular Laureado UIS, Grupo de Investigación de Calidad, Ingeniería de Sistemas y Modelado de Aprendizaje Organizacional - CISMA - Centro de Innovación y Desarrollo para la Investigación en Ingeniería del Software - CIDLIS - Universidad Industrial de Santander</i>	
15.	El currículo de física en los programas de Ingeniería en las universidades del Eje Cafetero .....	97
	<i>José Gómez - Decano - Facultad de Ciencias Básicas, Luis E Llamosa R. - Director - Centro de Investigaciones UTP, William Ardila U - Director - Esp. Inst Física - Profesores de la Universidad Tecnológica de Pereira</i>	
16.	Sistema informático evaluador de proyectos educativos modernos en ingenierías .....	103
	<i>Ing. Claudia Da Cunha - Ing. José Rafael Capacho - Universidad del Norte</i>	
17.	Incidencia de la educación básica y media en la educación superior, particularmente en la ingeniería .....	107
	<i>Ing. Edgar Alfonso López Rodríguez. Universidad Autónoma de Colombia. Universidad Católica de Colombia</i>	
18.	Introducción al diseño en ingeniería .....	115
	<i>Jesús David Cardona Quiroz - Deycy Janeth Sánchez Preciado. Corporación Universitaria Autónoma De Occidente</i>	

19. Los Proyectos de Semestre: una Actividad para la Formación de Líderes Académicos .....	123
<i>Ingeniero Jaime A. Aguilar Z., M. Sc. - Pontificia Universidad Javeriana - Cali</i>	
20. Influencia de los referentes internacionales y los estudios regionales en el proceso de autoevaluación de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Minas ..	129
<i>María Eugenia Muñoz Amariles – Universidad Nacional de Colombia (Medellin)</i>	
21. Fortalecimiento del currículo en ingeniería para afrontar los retos presentes y futuros de nuestra sociedad .....	147
<i>Capitán de Navío Alfredo Ortiz Carrillo - Capitán de Fragata Luis Alberto Ordoñez Rubio Capitán de Fragata Eduardo Vasquez Villegas. Escuela Naval "Almirante Padilla"</i>	
22. Tecnologías de la Información y Educación. Caso de análisis: Asistentes de clase para las asignaturas de Circuitos Lógicos y de Instrumentos .....	153
<i>Gloria Patricia Marciales Vivas, Mauricio Martínez Melo, María del Mar Ruiz Gil, Andrés Ernesto Salguero Beltrán, Jorge Luis Sánchez Téllez, J. Fernando Vega Riveros y Francisco Viveros Moreno</i>	
23. Experiencia curricular del programa de Ingeniería Industrial de la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente a través de la implementación de un equipo didáctico para enseñar ingeniería .....	167
<i>Felipe Alberto Murcia Meza - Profesor TC División de Ingenierías - Corporación Universitaria Autónoma de Occidente</i>	
24. Innovaciones tecnológicas a nivel nacional e internacional .....	173
<i>Máximo Barrera Lizarazo - Catedrático Universitario - Uniciencias</i>	
25. Estructuración de currículos en ingeniería. Una experiencia académica .....	181
<i>Alfonso Charum Díaz - Decano Facultad de Ingeniería Escuela de Administración de Negocios - E.A.N</i>	
26. Un modelo integral para un profesional en ingeniería .....	189
<i>Carlos Enrique Serrano Castaño - Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones - Universidad del Cauca</i>	
27. El papel de la mujer en el futuro de la ingeniería .....	195
<i>Beatriz Amparo Wills Betancur, Asdrubal Valencia Giraldo, Profesores Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia</i>	
28. El tejido de red entre la docencia, la investigación y la extensión .....	203
<i>Luz Angélica Rodríguez Bello – Escuela Colombiana de Ingeniería</i>	
29. Auditoria de calidad aplicada a programas en instituciones de educación superior. caso: programa de Ingeniería Industrial C.U.T.B .....	209
<i>Autor/Martha Sofía Carrillo Landazábal - Director / Misael Cruz Monroy - Asesores/Sofía Leonor Trillos Sierra/Alvaro Nuñez Torres. Tecnológica de Bolívar</i>	

30. Caracterización geotécnica y modelación numérica para la microzonificación sísmica de Ibagué .....	215
<i>Lucy Esperanza Martínez Flechas, Andrea Katherine Díaz Granados y Alfaro Castillo Andrés José. Instituto Geofísico Universidad Javeriana</i>	
31. La vinculación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico con su entorno socioeconómico .....	221
<i>Amar, P; Manjares, L; Naranjo, G; Ortega, M y Vega, J. Universidad del Atlántico</i>	
32. Una experiencia efectiva de redireccionamiento curricular .....	227
<i>Ing. Msc. Jaime Alberto Leal Afanador</i>	
33. Hacia un nuevo concepto de apertura curricular en ingeniería de alimentos ...	231
<i>Benavides Salazar, Claudia; Ceballos Peñaloza, Adela; Sánchez Toro, Oscar Julián Departamento de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de Caldas</i>	
34. Hacia un currículo flexible en los programas de ingeniería .....	237
<i>Beatriz Londoño Vélez - Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia</i>	
35. La investigación formativa un paso hacia la interdisciplinariedad .....	243
<i>Javier Jaramillo Colpas. Director Dpto de Ciencias Básicas. Corp. Univ. de la Costa, C.U.C.</i>	
36. Trayectoria de investigación para la solución del problema de falla de transformadores de distribución en Colombia (primera y segunda parte) .....	249
<i>Horacio Torres - Carlos Quintana - Milton Salgado - Daniel Rondón - Diego González Ernesto Pérez - Javier Herrera - Johnny Montaña - Camilo Younes - Mauricio Vargas Luis Gallego - Universidad Nacional de Colombia Programa de Investigación sobre Adquisición y Análisis de Señales - PAAS-UN</i>	
37. De lo mecanicista a lo complejo en la formación investigativa del ingeniero ....	261
<i>Oscar Fernando Castellanos. Universidad Nal. de Colombia. Sede Bogotá.</i>	
38. Diseño curricular de ingeniería eléctrica de la Universidad de la Salle .....	267
<i>Hernán Carvajal-Osorio, Decano Facultad de Ingeniería Eléctrica; Fernando Gómez G., Alvaro Venegas T., Luis Hernando Correa, Doris Malaver Q., Teodoro Gómez G., Marco de J. Bonett, Coordinadores de Área de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Universidad de La Salle</i>	
39. Un sistema de articulación entre los grupos y centros de investigación y el sector industrial .....	275
<i>Gladys Rincón Bergman - Iván Enrique Ramos Calderón, Oficina de Vinculación y Transferencia. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle</i>	
40. Formación de Ingenieros en España .....	281
<i>Doctor Manuel Recuero López. Catedrático de Universidad. Universidad Politécnica de Madrid</i>	

# APLICACIÓN DEL METODO DE DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD (QFD) EN LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA (*La Universidad desde la perspectiva de Ingeniería Industrial*)

Profesor Luis Ernesto Blanco Rivero  
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA  
Av. 13 No. 205-59 A.A. 14520 Santafé de Bogotá- Colombia  
lblanco@escuelaing.edu.co

## RESUMEN

La técnica o método del *Despliegue de la Función de Calidad* se aplica en los Sistemas Productivos, para *traducir las necesidades del cliente en especificaciones de calidad*, para luego irrigarlas a todo el sistema, con el fin de producir lo que el cliente realmente quiere. La Escuela Colombiana de Ingeniería (ECI), venía pensando en la aplicación de este método, en el campo de los Servicios, considerándose como un sistema productor de *Servicio Educativo*<sup>1</sup>. Estas ideas se cristalizaron en el Proyecto *Gestión de Calidad y Productividad de la Educación en la ECI* que actualmente se encuentra en desarrollo. En la primera etapa del Proyecto, se caracterizaron la ECI como Sistema Productivo y los Clientes; se determinaron las necesidades y expectativas de ellos y se clasificaron. En esta presentación, se muestran los resultados de la primera etapa del Proyecto.

**PALABRAS CLAVES:** Despliegue de la Función de Calidad; Sistema Productor de Servicio Educativo; Clientes y usuarios; Necesidades de los clientes.

## INTRODUCCION

El conocimiento de los clientes y su ordenamiento para descubrir aquellos que son vitales para la institución, señala el punto de partida de la técnica o método del *Despliegue de la Función de Calidad* que se aplica en los Sistemas Productivos, para *traducir* las necesidades del *cliente* en especificaciones de calidad, para luego irrigarlas a todo el Sistema Productivo, con el fin de producir lo que el cliente realmente quiere.

Conocido *qué* es lo que quiere el cliente, y traducidas sus necesidades a especificaciones de calidad, el paso siguiente consiste en imaginar *cómo* lograr dichas aspiraciones. Pero en el campo de la

educación, ésta tarea no es nada fácil. En primer lugar, se *debe tratar de hacer corresponder los métodos pedagógicos a las diferentes clases de aprendizaje que se esperan de los estudiantes*. En segundo lugar, se deben conocer por lo menos, algunos parámetros de calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Ingeniería: a) *tipo de aprendizaje*, b) *recursos*, c) *proceso*, d) *tipo de evaluación*. En tercer lugar, verificar si los *cómos* propuestos están en concordancia con los principios y objetivos que se persiguen en la Misión y Visión de la Institución<sup>(iii)</sup>.

Este es, a grandes rasgos, el camino trazado para el Proyecto *Gestión de Calidad y Productividad de la Educación en la ECI*, planteado en tres etapas consecutivas, de las cuales se ha finalizado la primera y la segunda se encuentra en ejecución.

## ¿CÓMO ES EL SISTEMA EDUCATIVO DE LA ECI?

En el análisis de los sistemas de calidad de las empresas, se utilizan diagramas del tipo: **PROVEEDORES – ENTRADAS – PROCESOS – SALIDAS – CLIENTES**, para obtener un panorama general del flujo de los materiales y de la información a través, de lo que hoy se conoce como el Sistema Logístico o Cadena de Abastecimientos, que integra a los clientes, a la empresa y a los proveedores. Se trataba entonces de definir cada una de estas partes y los flujos a través de ellas.

**PROVEEDORES:** Se consideraron como “Proveedores de materias primas” a los Colegios de Educación Media, de donde provienen los estudiantes de la ECI. Revisados los listados de estudiantes admitidos a la ECI, durante los dos últimos años, se observó que la gran mayoría, provenía de colegios ubicados en Bogotá, en municipios de la Sabana de Bogotá y de la región central del departamento de Boyacá.

**ENTRADAS:** Se consideraron como “materias primas” que entran al sistema, a los aspirantes admitidos a la ECI, con el objeto de identificar los factores determinantes para su selección de universidad y sus expectativas frente a ésta. También se quería explorar sobre los principales métodos empleados por sus profesores en el bachillerato.

**PROCESOS:** El flujo más numeroso a través del sistema es el de estudiantes de pregrado (“materiales en transformación”). A grandes rasgos, el proceso académico seguido por un estudiante de pregrado, durante el semestre es el siguiente: **MATRICULA – CLASES – CONTROL DE PENSUM - REGISTRO DE NOTAS**. Se establecieron tres grupos de estudiantes de pregrado: A- Estudiantes de primer semestre; B- Estudiantes de semestres 5º, 6º, y 7º; C- Estudiantes de semestres 8º, 9º, y 10º, con el fin de observar el cambio en su forma de pensar, a medida que ellos van madurando (“agregando valor”). En las encuestas con estos estudiantes, se trató de determinar lo que piensan a cerca de la ECI y sus expectativas con respecto a su la carrera y como futuros profesionales.

**SALIDAS:** Los “productos terminados” del sistema educativo, son los egresados. En el caso de la ECI, ingenieros: civiles, eléctricos, de sistemas, industriales, electrónicos, y economistas. En las encuestas con los egresados se trató de identificar los factores que más han influido en su desarrollo

personal y profesional, basados en los conocimientos, valores, conceptos y habilidades inculcados en la ECI. Se les preguntó además, su opinión actual sobre la ECI y sus expectativas.

**CLIENTES:** Los clientes externos o usuarios del sistema educativo de la ECI son: los padres de familia, las empresas e instituciones particulares y del gobierno, en donde usualmente trabajan los egresados, la sociedad en general y en algunos casos, los propios estudiantes. Se hicieron encuestas a padres de familia y a empresarios. En las encuestas con los padres de familia se trató de determinar sus expectativas con relación a: 1. la formación profesional de sus hijos, 2. el tipo de formación que debe impartir la ECI y 3. la formación universitaria en general. En las encuestas a empresarios se trató de obtener información relacionada con aspectos claves de la educación en la ECI, para que su efecto se refleje posteriormente en el desempeño profesional de los egresados. También se quería conocer sus expectativas sobre los profesionales, la ECI y el sistema universitario en general.

## PARAMETROS DE CALIDAD EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA

En el proceso de enseñanza de la Ingeniería es necesario por lo menos, distinguir entre cuatro *tipos de aprendizaje* diferentes, porque su didáctica, los recursos a utilizar y su forma de evaluación, son completamente diferentes: 1) *habilidades*, tanto manuales como intelectuales, que se aprenden con la práctica; 2) *conocimientos* que son información almacenada en la memoria; 3) *entendimiento, comprensión, raciocinio y análisis* que es el aprendizaje profundo, que incluye el proceso de “digerir” los conceptos hasta lograr utilizarlos de manera creativa y 4) *valores y cualidades personales* se traen desde la casa y se mejoran a través de la interacción social y del ejemplo<sup>(iii)</sup>.

Las *habilidades* se enseñan mediante instrucción o demostración seguidas de una gran cantidad de práctica o experimentación, que generalmente no necesita ser supervisada por el instructor. Este tipo de aprendizaje es más bien auto-regulado y muy rápido. Los laboratorios de experimentación, los ejercicios, el trabajo práctico, la solución de problemas en clase, son métodos muy utilizados en su enseñanza. En la evaluación, el estudiante demuestra si ha adquirido la habilidad o no.

Es necesario diferenciar entre *habilidades y capacidades*. Las *capacidades* son combinaciones de habilidades, conocimientos y de entendimiento. La habilidad es más del nivel puramente técnico (saber hacer) y la capacidad es del nivel tecnológico o científico (saber hacer, conocer el por qué y poder responder ante situaciones nuevas).

Los *conocimientos* son información que una vez almacenada en la memoria, puede ser rápidamente recordada. Su proceso de fijación es más lento, por lo que requiere en muchos casos repetición. Las explicaciones en clase, los libros, videos, películas, discos, gráficos, son formas para ayudar a fijar los conocimientos en la memoria. Se evalúan mediante cuestionarios de sabe o no sabe.

El *entendimiento, la comprensión, el análisis y el raciocinio* de los *conceptos* requieren un mayor esfuerzo al enseñarlos, porque el estudiante debe digerirlos y poder utilizarlos en situaciones nuevas, diferentes a las enseñadas. Enseñar comprensión equivale a tener un ambiente de aprendizaje muy variado, que incluya presentaciones, explicaciones, discusiones, ejercicios, aplicaciones, proyectos, prácticas, lecturas, ensayos sobre el tema, sistematización y comunicación.

Los *valores y cualidades personales* están presentes en las personas y son difíciles de cambiar. Uno de los valores más importantes, especialmente en Ingeniería, es la “motivación por el estudio y el auto-aprendizaje permanente”. Se debe tener una educación que desafíe al estudiante en la búsqueda de nuevas soluciones autóctonas y con una meta de excelencia.

## ALGUNOS RESULTADOS IMPORTANTES DE LAS ENCUESTAS

Para poder comparar los diversos resultados de los diferentes tipos de encuesta, se hizo el análisis con base en *los tipos de aprendizaje*.

En el lenguaje del QFD, las necesidades de los clientes se conocen como los QUES, (una forma corta para recordar las respuestas a la pregunta: *¿Qué es lo que el cliente quiere?*). En el proyecto, los QUES corresponden a los resultados de las encuestas que se hicieron a los *usuarios* del Sistema Educativo de la ECI:

**DE LOS CLIENTES:** Según los padres de familia, un profesional de excelencia debe tener las siguientes características:

Tipo de aprendizaje		%
Cualidades personales y Valores 69%	Conocer, creer y trabajar por su país.	12
	Honestidad.	10
	Ética.	9
	Compromiso con la comunidad.	9
	Calidad en su trabajo	6
	Calidad humana	4
Otros: Justicia, Liderazgo		
Conocimientos 17%	Conocimientos básicos y especializados	
Habilidades y capacidades 9%	Trabajo en equipo	5
	Innovación y creatividad	3
	Investigación	1
Entendimiento y comprensión 5%	Toma de decisiones	3
	Visión globalizada	1
	Adaptabilidad a nuevos conocimientos	1

Vale la pena señalar que las condiciones actuales del país parecen influir la decisión de los padres de familia, porque para cerca de un 70%, lo más importante en un profesional son sus valores, mientras que la comprensión y entendimiento, que son fundamentales para los ingenieros solo es esperado por un 5%.

En el concepto de los gerentes y empresarios entrevistados, las fortalezas de los profesionales, son las que aparecen en la tabla a continuación. Para los gerentes y empresarios, aún siguen siendo lo más importante, las cualidades personales y los valores, pero los porcentajes cambian notoriamente, con respecto a los padres de familia.

<b>Tipo de aprendizaje</b>	
<i>Cualidades personales y Valores</i> 37%	Calidad en el trabajo Compromiso y amor por el trabajo Responsabilidad en el trabajo Deseo de superación y desarrollo Ética profesional Honestidad Lealtad con la empresa
<i>Conocimientos</i> 23%	Bien capacitados en su profesión Conocimientos actualizados Buena capacitación a nivel general y administrativo Buenos conocimientos técnicos y administrativos
<i>Habilidades y capacidades</i> 29%	Alto nivel de creatividad e innovación Liderazgo y capacidad para dirigir Buen manejo de público y de las relaciones interpersonales Capacidad de trabajo en equipo Dinamismo y versatilidad Rápida adaptación a las organizaciones
<i>Entendimiento y comprensión</i> 11%	Buen criterio para la toma de decisiones Capacidad de análisis Espíritu de creación de empresa Flexibilidad y adaptación al cambio

**DE LAS SALIDAS:** Los egresados de la ECI entrevistados, consideran que ellos como profesionales, tuvieron un proceso de aprendizaje caracterizado por:

<b>Tipo de aprendizaje</b>	
<i>Cualidades personales y Valores</i>	Calidad humana Compromiso Competitivos Actualización permanente
<i>Conocimientos</i>	Conocimientos sólidos
<i>Habilidades y capacidades</i>	Liderazgo y empoderamiento Profesionales integrales Facilidad de expresión Investigación y autoaprendizaje
<i>Entendimiento y comprensión</i>	Capacidad para combinar efectivamente la teoría con la práctica

**DEL PROCESO:** Los estudiantes y profesores entrevistados consideran porcentualmente la importancia del tipo de aprendizaje, de manera diferente. Obsérvese cómo se incrementa la importancia de *Entendimiento, comprensión, análisis y raciocinio* en la opinión de estudiantes y profesores, hasta darle un peso equivalente a la mitad, con el correspondiente decremento en el peso que se dio a las *Cualidades personales y Valores* en las otras encuestas.

Tipo de aprendizaje	Estudiantes	Estudiantes	Profesores
	5°, 6° y 7° semestres	8°, 9° y 10° semestres	
<i>Cualidades personales y Valores</i>	24%	15%	16%
<i>Conocimientos</i>	18%	22%	18%
<i>Habilidades y capacidades</i>	20%	24%	16%
<i>Entendimiento y comprensión</i>	38%	39%	50%

Hasta aquí, parece como si para el exterior de la universidad lo fundamental de la formación fuesen los *Valores*, mientras que para el interior de la universidad, lo esencial fuesen el *Entendimiento y la comprensión*.

## CONCORDANCIA CON LOS OBJETIVOS DE LA MISION DE LA ECI

Algunos apartes de última versión de la Misión de la Escuela Colombiana de Ingeniería, son los siguientes:

**“LA ESCUELA tiene como misión la formación de la persona, fundamentada en una alta preparación científica y tecnológica, armonizada con un profundo sentido de solidaridad social y un compromiso ético por parte de todos los miembros de la comunidad académica, para que su ejemplo constituya una lección de comportamiento ciudadano transmitida a la sociedad.**

**La formación que se brinda alienta el espíritu de creatividad e innovación y se enmarca en el contexto de la realidad colombiana para que los egresados estén en capacidad de plantear soluciones autóctonas a los problemas nacionales e igualmente puedan desempeñarse con eficiencia en un mundo competitivo y globalizado.**

**Como condición esencial para la convivencia ciudadana y la armonía con la naturaleza, LA ESCUELA propicia la formación integral de la persona y fomenta en ella una actitud de respeto por la dignidad humana y por su entorno, en la convicción de que todos los elementos de la biosfera hacen parte de una totalidad universal cuyo equilibrio es necesario para la conservación de los ecosistemas y de la vida sobre la tierra”.**

Es evidente que la “formación integral” abarca los cuatro tipos de aprendizaje, que la “alta preparación científica y tecnológica” incluye *conocimientos, habilidades y capacidades, más entendimiento y comprensión*, que el “espíritu de creatividad e innovación” es parte de las *habilidades y capacidades* que el “respeto por la dignidad humana y por su entorno” es un *valor*. Hay un objetivo adicional, el “sentido de solidaridad social” que va muy de la mano con las soluciones autóctonas a problemas nacionales.

Como se puede observar, los objetivos macro de la ECI como institución, *si* están en perfecta armonía con las expectativas de los clientes, pero es muy difícil imaginar a partir de ellos, las proporciones adecuadas de los distintos tipos de aprendizaje, o al menos cuáles serían los más importantes.

## CONCLUSION

Una enseñanza orientada principalmente al mejoramiento de los *Valores, de las actitudes y de las cualidades personales* es la meta que la ECI debe perseguir, si quiere acertar en lo relacionado con la satisfacción de las necesidades de sus usuarios. El *compromiso con la comunidad, la calidad en el trabajo* (compromiso, responsabilidad, actualización permanente) y la *calidad humana* (honestidad, ética, liderazgo, respeto, justicia) tendrán que integrarse al trabajo cotidiano para que vayan penetrando en la forma de actuar de los estudiantes, sin descuidar desde luego, los otros tres tipos de aprendizaje.

## Bibliografía y Referencias

<sup>i</sup> Blanco R. Luis Ernesto, *La Calidad como Factor de Competitividad en la Educación Superior*, Conferencia Mundial sobre Educación en Ingeniería y Líderes de la Industria, ACOFI, mayo 1.997, p. 162.

<sup>ii</sup> Sparkes, J.J. (1990) “Quality in engineering education”, *Int. J. Continuing Engineering Education*, Vol. 1, No. 1, pp. 18-32

<sup>iii</sup> Ibidem, pp. 22-23

# ¿ENSAYO O EXPERIMENTO ?

## Una Optica para Reorientar la Investigación en Ingeniería

Norma Lucía Botero Muñoz  
Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Minas

### RESUMEN:

En nuestro medio los Laboratorios de las Facultades de Ingeniería realizan continuamente una serie de pruebas , como actividades o tareas en los procesos de formación (docencia - extensión - investigación). La información obtenida en estas pruebas, en la mayoría de los casos, es considerada como parte del producto final y solamente es reutilizada en muy pocas oportunidades. Lo anterior es debido básicamente al hecho de no tener una metodología clara para la realización de estas pruebas en cuanto a :

- Identificación de fenómenos y variables aleatorias, con base en el planteamiento del problema.
- Determinación de modelos determinísticos o estadísticos a utilizar con base en el tipo de variables controlables e incontrolables que se tienen en cuenta durante la realización de la prueba.
- La determinación del tamaño muestral de la prueba teniendo en cuenta el diseño muestral, la confiabilidad, la potencialidad, la probabilidad de error permitido, los costos, etc..
- Los pasos a seguir en la toma y registro de datos
- La validación de los supuestos del modelo utilizado a partir de los datos obtenidos en la realización de la prueba.
- El alcance y análisis de los resultados del estudio.

Debido a que en términos generales no se tiene un conocimiento claro sobre como fueron realizados los pasos anteriores esto nos genera inseguridad en cuanto a la posibilidad de mezclar resultados históricos con los resultados de nuevas pruebas.. En este caso nuestros datos se consideran resultados de ensayos y no de experimentos, y en esta forma estamos perdiendo la posibilidad de generar nuevo conocimiento colectivo en un campo del saber, puesto que no disponemos de suficientes datos experimentales para realizar el modelamiento estadístico.

El presente trabajo desarrolla una metodología con base en los pilares fundamentales del Diseño Experimental, la cual puede ser implementada en el manejo de pruebas realizadas en los Laboratorios de Ingeniería, de tal forma que se pueda, día a día, ir construyendo unas bases de datos experimentales, como lo hacen la mayoría de las Universidades y Centros de Investigación de los países desarrollados, bases de datos que nos permitan realizar modelamiento estadístico y llegar a conocer cual es el estado del arte en nuestro país con respecto a las variables analizadas y así poder incrementar el conocimiento colectivo que se tiene sobre ellas y no seguir aplicando modelos de otras latitudes que en muchos casos no son adecuados para nuestro medio.

## ENSAYO VS EXPERIMENTO

Al realizar las pruebas de laboratorio los resultados pueden tener el carácter de ensayo o de experimento, así:

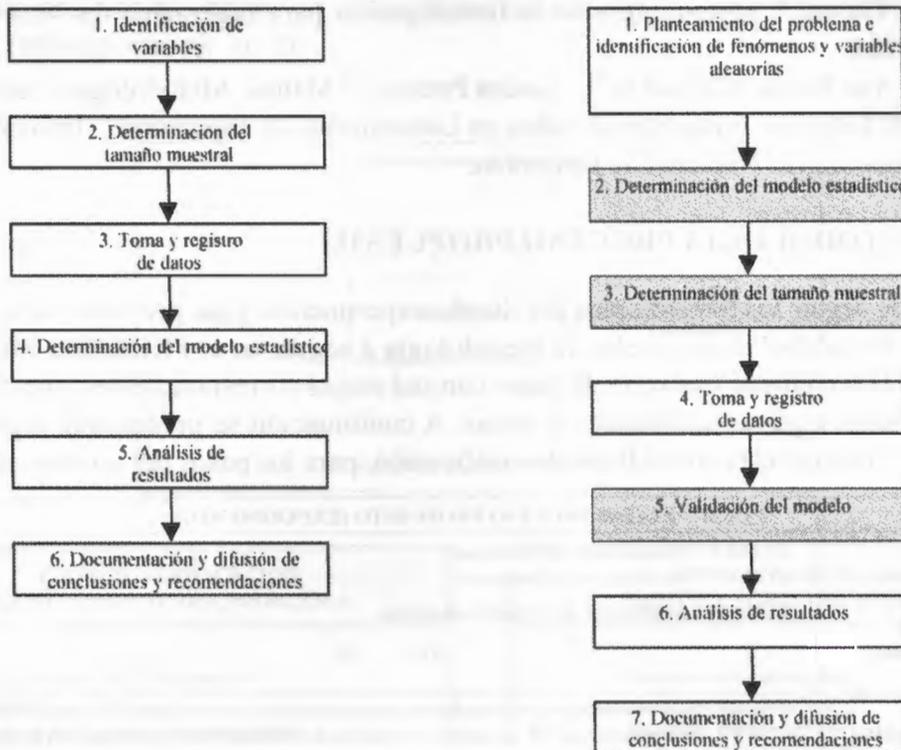
ENSAYO	EXPERIMENTO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando se realizan las pruebas bajo la óptica de ensayo los resultados <b>se limitan</b> al ensayo mismo.</li> <li>• Estos resultados no pueden ser utilizados como base para la realización de pruebas futuras, ya que no se conoce el nivel de confianza del estudio.</li> <li>• Los resultados hacen parte de la <b>recontextualización</b> del conocimiento colectivo pero no de la ampliación de éste.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando se realizan las pruebas bajo la óptica de experimento los resultados <b>no se limitan</b> al ensayo mismo.</li> <li>• Estos resultados tratan de explicar el fenómeno estudiado, adicionalmente se conoce el nivel de confianza de los mismos, por lo tanto, pueden ser utilizados como base para la realización de pruebas futuras.</li> <li>• Los resultados <b>permiten ampliar el conocimiento colectivo.</b></li> </ul>

## PROCESO ACTUAL VS PROCESO PROPUESTO

En la Figura 1. se puede ver que en el **PROCESO ACTUAL** la Determinación del modelo estadístico (4) se considera como un paso posterior a los de la Determinación del tamaño muestral (2) y al de la Toma y registro de Datos (3). Por lo tanto, los ensayos se realizan sin tener claro cuál será el número más adecuado de pruebas a realizar, ya que no se ha tenido en cuenta tanto las limitaciones económicas, de tiempo y de recursos, como la confiabilidad y la potencialidad de los datos lo cual permite en términos generales tener una información más fiable. La creencia más común que se maneja, en este caso, es que a mayor cantidad de datos los resultados serán mejores. Esto trae consigo un aumento considerable en los costos del estudio, aspecto que puede impedir la realización de investigaciones posteriores o llegar a frenar innecesariamente el desarrollo de un avance técnico. Adicionalmente, una vez que se obtienen los datos, no se sabe con certeza como se va a proceder para el modelamiento de estos, que resultados se pueden obtener de ellos y con que confiabilidad se pueden difundir las conclusiones. En el **PROCESO PROPUESTO** se le da prioridad a la Determinación del modelo estadístico (2) sobre la Determinación del tamaño muestral (3) y sobre la Toma y registro de datos (4). Esta secuencia planteada, para los pasos del proceso, garantiza que los datos obtenidos satisfacen las necesidades del diseño experimental, puesto que tanto la cantidad como la forma en la cual se realiza la toma y registro de datos obedecen a los requerimientos del modelo estadístico preestablecido para el análisis de resultados.

Otro punto de diferencia entre estos dos procesos es la consideración en el **PROCESO PROPUESTO** del paso Validación del modelo (5). Con éste se garantiza la verificación del cumplimiento de los supuestos del modelo estadístico. Esta verificación se realiza a partir de los resultados obtenidos en las pruebas, si a partir de estos datos se encuentra que no se cumplen los supuestos del modelo, se puede entonces tomar las medidas alternativas o correctivas de rigor que permitan refinarlos y poder inclusive cumplir con el círculo de calidad PHVA para todo el proceso, es decir:

<b>P</b>	<b>PLANEAR</b>	<i>Establecer planes para el desarrollo del experimento teniendo en cuenta las etapas presentes en él y los resultados esperados</i>
<b>H</b>	<b>HACER</b>	<i>Desarrollar y ejecutar los planes establecidos para la experimentación</i>
<b>V</b>	<b>VERIFICAR</b>	<i>Verificar que los resultados obtenidos en la experimentación estén de acuerdo con lo planeado y detectar problemas</i>
<b>A</b>	<b>ACTUAR</b>	<i>Actuar para corregir o eliminar problemas en la fase de verificación y tomar decisiones con respecto a un plan futuro</i>



**Figura 1. Proceso Actual y Propuesto - manejo y análisis de pruebas de laboratorio.**

El **PROCESO ACTUAL (EXPERIMENTACION)** presenta ventajas sobre el **PROCESO PROPUESTO (ENSAYO)** en los siguientes aspectos:

- Los resultados de laboratorio son tratados como pruebas experimentales.
- Se cuenta con un soporte científico para la recontextualización y ampliación de conocimientos adquiridos por medio de pruebas experimentales.
- Los laboratorios contarán con una metodología para sus pruebas basada en los lineamientos del diseño experimental el cual tendrá en cuenta un manejo adecuado del proceso y aspectos de aseguramiento de calidad , situación que se convertirá en el primer paso para la certificación y acreditación de estos.
- las pruebas se documentaran adecuadamente y sus resultados se convertirán en datos válidos los cuales pueden ser adicionados a los resultados de futuras experimentaciones. Lográndose de este modo obtener bases de datos lo suficientemente amplias que permitan realizar modelamientos estadísticos con miras a determinar, con respecto al fenómeno o problema estudiado, cual es el estado del arte en nuestro medio.

## BIBLIOGRAFIA

1. HARRINGTON, H. J. "Mejoramiento de los Procesos de la Empresa". McGraw Hill Interamericana , S.A. , 1993.
2. HODSON, William. "MAYNARD Manual del Ingeniero Industrial". Tomo cuatro. McGraw Hill Interamericana , S.A. , 1993.

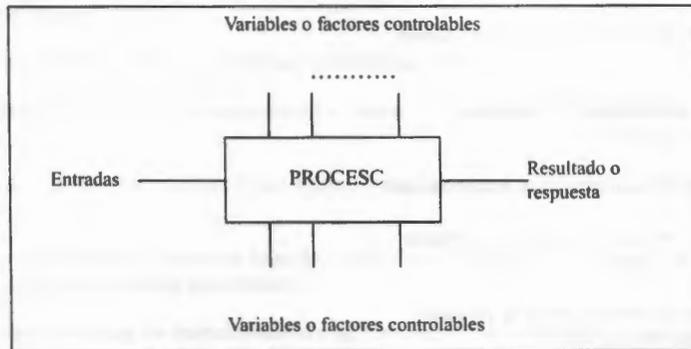
3. MONTGOMERY, Douglas. "Diseño y Análisis de Experimentos". Grupo Editorial Iberoamérica. 1991.
4. RADELAT, Guido. " Metodología de la Investigación para Ingenieros de Vías". Medellín, Colombia, 1991.
5. URIBE M., Ana María, VARGAS O., Sandra Patricia. " Manual Metodológico para el Manejo y Análisis de Datos en Ensayos realizados en Laboratorios de Ingeniería". Trabajo de Grado-Inédito - Universidad Nacional de Colombia.

## ANEXO 1. METODOLOGIA PROCESO PROPUESTO

Con el objeto de seguir los lineamientos del diseño experimental y las primeras tareas a nivel de aseguramiento de calidad de la prueba, la metodología a seguir en el PROCESO PROPUESTO (EXPERIMENTO) contiene una serie de pasos con sus etapas correspondientes y para el logro de éstas se desarrollan algunas actividades y tareas. A continuación se presentarán algunas etapas fundamentales, con sus respectivas listas de verificación, para los pasos del proceso propuesto.

	PASOS Y ETAPAS PROCESO PROPUESTO (EXPERIMENTO)
<b>Paso 1.</b> Planteamiento del problema e identificación de fenómenos y variables aleatorias.	ETAPA 1 : Planteamiento del problema ETAPA 2 : Identificación del fenómeno ETAPA 3 : Identificación de variables aleatorias
<b>Paso 2.</b> Determinación del modelo estadístico.*	ETAPA 1: Determinación de la manipulación o no de variables incontrolables mediante la toma de datos. ETAPA 2 : Identificación de las variables controlables a considerar en el experimento (cuántas y cuáles) en el caso de no manipular variables incontrolables en la toma de datos. ETAPA 3. Identificación de las variables in controlables las cuales se van a manipular mediante la toma de datos (cuántas y cuáles), teniendo en cuenta la presencia de una variable controlable en el experimento. ETAPA 4. Identificación del modelo estadístico con base en lo definido en las Etapas 1 y 2 o en las Etapas 1 y 3
<b>Paso 3.</b> Determinación del tamaño muestral	ETAPA 1 : Evaluar, de acuerdo al modelo estadístico y a las necesidades experimentales, valores de interés en el estudio. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Niveles de probabilidad de error tipo I y de error tipo II permitidos en el estudio</li> <li>• Estimación de la media de los tratamientos o de la diferencia máxima entre ellas y estimación de la desviación estándar.</li> </ul> ETAPA 2 : Cálculo del parámetro $\phi$ con base en el modelo estadístico y obtención del tamaño muestral a partir de las curvas características de operación.
<b>Paso 4.</b> Toma y registro de datos	ETAPA 1 : Preparación previa de actividades según experimento. ETAPA 2 : Determinación de la presentación tabular de los datos según modelo estadístico. ETAPA 3 : Identificación de las unidades experimentales. ETAPA 4 . Asignación del orden aleatorio a unidades experimentales para la realización del experimento. ETAPA 5 : Calibración y mantenimiento de equipos. ETAPA 6 : Adecuación del lugar donde se tomará la toma de datos. ETAPA 7 : Realización de las actividades establecidas en la Etapa 1. ETAPA 8 : Transformación de los datos a medidas o unidades requeridas por el experimentador. ETAPA 9 Transcripción de resultados a la tabla de presentación de datos y realizar los cálculos básicos.
<b>Paso 5.</b> Validación del modelo	ETAPA 1. Validación de los datos originales con los supuestos del modelo según el caso: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Probar que los errores se comportan de acuerdo a una distribución normal.</li> <li>• Probar que los errores son independientes.</li> <li>• Probar que las varianzas de los tratamientos son iguales.</li> </ul> ETAPA 2. En el caso que los datos no cumplan con los supuestos del modelo, realizar transformaciones requeridas y luego validar nuevamente con los datos transformados las condiciones del modelo.
<b>Paso 6.</b> Análisis de Resultados	ETAPA 1 : Análisis de información primaria a partir de las herramientas de la estadística inferencial. ETAPA 2 : Análisis de Información Secundaria ETAPA 3 : Comparación de los resultados obtenidos en los análisis de información primaria y de información secundaria.
<b>Paso 7.</b> Documentación y difusión de conclusiones y de recomendaciones	ETAPA 1. Documentación de conclusiones y de recomendaciones ETAPA 2. Difusión de conclusiones y de recomendaciones

\*“Un experimento diseñado consiste en una prueba o series de pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, de manera que sea posible observar o identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida” (Montgomery, p. 1).



LISTA DE VERIFICACION PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		SI	NO
1.	¿Se conoce claramente el objetivo del experimento?		
2.	¿Es válida la justificación del experimento?		
3.	¿Se han considerado todas las posibles propuestas de experimentación, a partir de la bibliografía?		
4.	¿Se han considerado todas las posibles propuestas de experimentación, a partir de las sugerencias de las personas que intervienen directa o indirectamente en ella?		
5.	¿Se tiene en forma escrita el planteamiento del problema?		

LISTA DE VERIFICACION IDENTIFICACIÓN DEL FENÓMENO		SI	NO
1.	¿El fenómeno cumple con las características de multiplicidad?		
2.	¿El fenómeno cumple con las características de variabilidad?		
3.	¿Si el fenómeno es determinístico se conoce el modelo matemático que lo describe?		
4.	¿Si el fenómeno es aleatorio se conoce la distribución de probabilidad de los resultados?		

LISTA DE VERIFICACION IDENTIFICACION DE VARIABLES		SI	NO
1.	¿Se han identificado todas las posibles variables que intervienen en el proceso experimental?		
2.	¿Se ha realizado una revisión bibliográfica y consulta en general para determinar las variables que van a intervenir en el ensayo?		
3.	¿Se tienen clasificadas las variables en controlables e incontrolables?		
4.	¿El experimentador tiene claridad acerca de cual será la variable respuesta en el ensayo?		
5.	¿Las variables han sido clasificadas en variables cualitativas y variables cuantitativas?		
6.	¿Se tiene claridad acerca de las unidades o parámetros de medida de las variables del estudio?		
7.	¿Se han clasificado las variables cuantitativas en variables discretas y variables continuas?		

### LISTA DE VERIFICACION MODELO (EJEMPLO)

	REGRESION LINEAL SIMPLE	UNIFACTORIAL EFECTOS FIJOS	BLOQUES COMPLETAMENTE ALEATORIZADOS
1. ¿Se tiene una variable controlable en el experimento?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Se seleccionaron los niveles de la variable controlable en forma fija?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Se tiene ausencia de manipulación de variables incontrolables en la toma de datos?		<input type="checkbox"/>	
4. ¿Se tiene una variable independiente en el experimento? <input type="checkbox"/>			
5. ¿Se tiene considerada la manipulación de una variable incontrolable en la toma de datos?			<input type="checkbox"/>
6. ¿Es de interés establecer la relación entre la variable independiente y la variable respuesta? <input type="checkbox"/>			
7. ¿No es de interés establecer la relación entre la variable controlable y la variable respuesta?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### LISTA DE VERIFICACION DETERMINACION DEL TAMAÑO MUESTRAL

	SI	NO
1. ¿Para la fijación del nivel de probabilidad de error tipo I se tomó en consideración las necesidades del estudio? <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Para la fijación del nivel de probabilidad de error tipo II se tomó en consideración las necesidades del estudio? <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Para la fijación de la estimación de la desviación estándar se tuvo en cuenta información primaria o secundaria sobre experimentaciones anteriores? <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Para la fijación de las medias de los tratamientos o del valor de la diferencia máxima entre ellas se tuvo en cuenta información primaria o secundaria sobre experimentaciones anteriores? <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Para la selección del tamaño muestral se tuvo en cuenta las limitaciones o la viabilidad experimental? <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### LISTA DE VERIFICACION VALIDACION DEL MODELO

	SI	NO
1. ¿Se identificó el comportamiento normal de los errores en el modelo o se realizó la prueba de normalidad? <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Se identificaron los residuos inusitados? <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿En caso de existir residuos inusitados se realizó el análisis de causas que los originaron? <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Se diseñó el experimento para garantizar la independencia de las respuestas en los elementos muestrales o se realizó la prueba de independencia de los errores? <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Se realizó la prueba de igualdad de varianzas? <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿En caso de no cumplirse el supuesto de igualdad de varianzas se determinó una transformación que estabilizara las varianzas? <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. ¿En caso de haber realizado alguna transformación sobre los datos, se realizaron las pruebas de igualdad de varianzas a los datos transformados? <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

### LISTA DE VERIFICACION TOMA Y REGISTRO DE DATOS

	SI	NO
1. ¿Se tienen identificadas las diferentes actividades necesarias para realizar la toma de datos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Se han documentado adecuadamente las actividades para llevar a cabo la toma de datos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Se ha determinado cuál será la presentación tabular de los datos de acuerdo al modelo estadístico que se va a utilizar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Las unidades experimentales han sido identificadas y marcadas adecuadamente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Se ha realizado un proceso adecuado de aleatorización sobre el orden en el cual se realizarán las pruebas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿Se tiene claridad acerca de las características del equipo, instalaciones y operarios para llevar a cabo las pruebas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. ¿Se han adecuado las instalaciones donde se llevarán a cabo las pruebas de acuerdo a lo establecido en la documentación de las actividades?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. ¿Se cumple con las características de mantenimiento y de calibración de equipos considerados en la documentación de actividades?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. ¿La toma de datos se realiza con base en la documentación previa de actividades y el ordenamiento aleatorio previamente establecido?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. ¿Los datos requieren ser transformados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. ¿En caso de responder afirmativamente al numeral 10, se ha registrado el dato transformado en el formato establecido?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### LISTA DE VERIFICACION ANÁLISIS DE RESULTADOS

	SI	NO
1. ¿Se plantearon las hipótesis de interés de acuerdo al experimento que se desarrolla?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Se utilizaron las herramientas de la estadística inferencial para probar las hipótesis planteadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿En caso de existir diferencia entre las medias de los tratamientos se hallaron los intervalos de confianza para estas diferencias?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿En caso de existir diferencia entre las medias de los tratamientos se realizaron comparaciones pareadas para determinar que parejas de medias son realmente diferentes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Se realizaron las pruebas específicas de acuerdo al modelo estadístico seleccionado para el manejo y análisis de datos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿Se realizó el análisis de información secundaria?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. ¿Se compararon los resultados obtenidos en el análisis de información primaria y en el análisis de la información secundaria?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### LISTA DE VERIFICACION DOCUMENTACIÓN Y DIFUSIÓN DE CONCLUSIONES Y DE RECOMENDACIONES

	SI	NO
1. ¿Se realizó la documentación de la experimentación teniendo en cuenta las normas estándares?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿En la documentación se tuvo en cuenta el resumen, la introducción, el desarrollo y las conclusiones de tal manera que el lector pueda comprender los resultados presentados en ella?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Se realizó la difusión de los resultados en forma tal que se pueda obtener una adecuada retroalimentación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# **PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA DE LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN.**

**Contreras E. J., Aguilar M. A., León R. F., Altamirano A. F.  
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.  
Universidad Nacional Autónoma de México.**

## **RESUMEN.**

Debido a la necesidad que existe de revisar los planes y programas de estudio, a fin de que sean acordes con los cambios científicos y tecnológicos, se revisó el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, vigente desde 1993. Tomando en cuenta los resultados obtenidos al realizar el análisis global, el análisis de la congruencia externa e interna, así como las encuestas realizadas a profesores, egresados y representantes del sector productivo, se llegó a la conclusión de que para atender las necesidades del sector productivo, no es posible mantener el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica y que a partir de él, es necesario generar planes de estudios para las carreras de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica-Electrónica e Ingeniería Industrial. En el presente trabajo, a manera de ejemplo, se presenta la estructura general del programa propuesto para la carrera de Ingeniería Industrial.

## **ANTECEDENTES.**

En 1971, la solicitud para el primer ingreso al bachillerato en la UNAM, excedía en mucho su capacidad instalada, tanto en infraestructura como en recursos humanos, ya que solo existían 13,000 plazas y la demanda ascendía a 30,000. Para atender esta problemática, la UNAM, durante el rectorado del Dr. Pablo González Casanova, integra la primera Comisión de Planeación Universitaria la cual propone la creación de los CCH (Colegio de Ciencias y Humanidades, nivel prelicenciatura) en el marco del programa de descentralización de la UNAM. En mayo de 1973, la ANUIES (Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Educación Superior), formula un documento sobre las necesidades de la enseñanza superior, entre las cuales se destaca la incapacidad previsible para el año de 1974, de atender a la primera generación de egresados del CCH. Para resolver esta

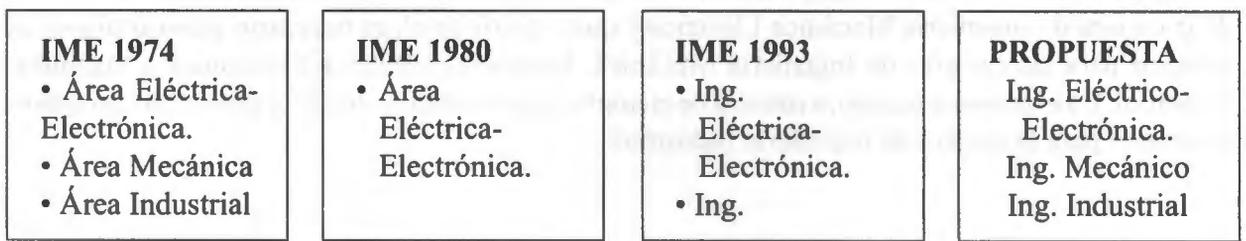
problemática, se formularon dos estrategias, por un lado, fortalecer las universidades estatales y por otro, la creación de nuevas instituciones en el área metropolitana.

En este contexto, el Consejo Universitario de la UNAM aprueba la creación de las Escuelas Nacionales de Estudios Profesionales, ENEP, el 19 de febrero de 1974, con base en un documento elaborado por la Comisión Técnica de Proyectos Universitarios, en el que se analiza la dificultad de dar cabida a cinco veces mas la capacidad original de Ciudad Universitaria.

Estas Escuelas se conciben como Unidades Multidisciplinarias, con estructura matricial departamento-carrera, donde el departamento debe ser el responsable de organizar y supervisar el trabajo del personal académico y, se integrarán por áreas de conocimiento, mientras que la coordinación, debe establecer las metas educativas, evaluarlas y retroalimentar el proceso educativo a fin de mantener una mejora continua. Estas escuelas ofrecerían diversas licenciaturas, que por diferentes que parecieran, deberían fomentar el trabajo multidisciplinario a través de proyectos comunes y de la interacción departamento-carrera.

La Escuela Nacional de Estudios Profesionales Cuautitlán inicia sus labores en abril de 1974, siendo la primera Unidad Multidisciplinaria de la UNAM y dentro de las licenciaturas que ofrece se encuentra la de Ingeniero Mecánico Electricista, la cual adopta el Plan de Estudios de la Facultad de Ingeniería y los departamentos involucrados en esta carrera son: Matemáticas, Física, Ingeniería, Ciencias Administrativas y Ciencias Sociales.

Al paso del tiempo, se hizo necesaria la revisión y la actualización del plan de estudios para lograr la formación del Ingeniero Mecánico Electricista, que el país demanda. En el siguiente diagrama se presenta la evolución del plan de estudios.



## **METODOLOGÍA Y RESULTADOS OBTENIDOS.**

### **1. ANÁLISIS GLOBAL DEL PLAN DE ESTUDIOS VIGENTE.**

Se realizó un análisis y una evaluación integral de todos los factores que influyen sobre dicho plan, como son: el proceso enseñanza aprendizaje, personal académico, infraestructura en obra civil, laboratorios, biblioteca, equipo de cómputo, recursos audiovisuales. Para esta evaluación, se tomaron en cuenta las opiniones de los profesores de los departamentos del área de las ciencias físico matemáticas y de las ingenierías, basadas en la experiencia acumulada. También se recabó la opinión de la comunidad estudiantil.

## **2. ANÁLISIS DE LA CONGRUENCIA EXTERNA.**

Se llevó a cabo el estudio de acuerdo al marco establecido por la Universidad para la Revisión de Planes de Estudio, y tomando en cuenta las recomendaciones de los Comités Institucionales para la Evaluación de la Educación Superior, CIEES, del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, CACEI, de la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería, ANFEI, de parámetros señalados en acreditaciones internacionales de profesionales de la Ingeniería, de encuestas realizadas a egresados y al sector industrial.

## **3. ANÁLISIS DE LA CONGRUENCIA INTERNA.**

Se realizó un análisis del perfil profesional, de los objetivos y contenidos de los programas de las asignaturas del plan de estudios vigente, de la relación horizontal y vertical de las asignaturas en el mapa curricular, del proceso de evaluación del aprendizaje de los alumnos, de la formación que el personal académico requiere, así como las opiniones del personal académico y de la comunidad estudiantil para el establecimiento de la propuesta.

## **4. CONCLUSIONES.**

- a) Debido a las circunstancias presentes y futuras, es necesario fortalecer el área correspondiente a las ciencias básicas y a las ciencias de la ingeniería, por medio de algunos ajustes al plan de estudios propuesto.
- b) Hacer explícito el doble objetivo de las asignaturas básicas, que por una parte, son una disciplina formativa y por otra son una herramienta necesaria para desarrollar las ciencias de la ingeniería.
- c) Motivar al alumno desde los primeros semestres, familiarizándolo con la realidad de la ingeniería.
- d) Los planes de estudio, deben de estar diseñados, de tal forma que puedan ajustarse a los cambios tecnológicos, permitiendo que la formación de los egresados esté acorde con lo que demanda la sociedad.
- e) Revisión de los programas de estudio de las asignaturas y propuesta de ubicación, en función de los conceptos básicos que contemplan, evitando duplicaciones y reorganizando su contenido. Revisión de los objetivos, tanto generales como específicos, en cada uno de los temas de las asignaturas, así como, la actualización de la bibliografía. Ajustar tiempos asignados a la parte teórica y práctica de algunas asignaturas.
- f) Propuesta de nuevas asignaturas que son de interés primordial en el desarrollo profesional.
- g) Fomentar la investigación y los proyectos de innovación tecnológica en el área.

Con base en las conclusiones anteriores, y de acuerdo a las tendencias de las Ingenierías en México, a los requerimientos del sector productivo y a las necesidades de que el programa de Licenciatura sea certificado, se propone:

## **5. PROPUESTA.**

A partir de la Carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, generar las Licenciaturas de Ingeniería Eléctrica Electrónica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial. Interrelacionadas mediante un tronco común, para atender las necesidades del sector productivo nacional y poder promover la investigación y desarrollo en el área de las Ingenierías.

De acuerdo a esta propuesta, se elaboraron los Planes de Estudio para cada Licenciatura propuesta, incluyendo los perfiles del egresado.

A continuación, presentamos la estructura en forma general del trabajo desarrollado, tomando como ejemplo la Carrera de Ingeniería Industrial.

### **PERFIL DEL EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL.**

El egresado de esta Carrera, debe adquirir, durante el transcurso de sus estudios, conocimientos de carácter formativo, que persistan durante su vida profesional y sean la base para especializarse o realizar estudios de posgrado, y sobre todo, que pueda mantenerse actualizado, respecto a los constantes avances en las técnicas y tecnologías de la ingeniería industrial.

Los egresados deben de adquirir en la escuela, aptitudes y habilidades adecuadas para el mejor desarrollo de su profesión. En lo que respecta a su desempeño personal, debe asumir en todos los casos, una actitud comprometida y responsable que se refleje en el entorno en que actúe.

#### **El Ingeniero Industrial debe:**

- Poseer un conocimiento sólido de Matemáticas, Física y Química, y poder aplicar éste, en la resolución de problemas de su campo profesional.
- Tener un conocimiento amplio, tanto teórico como práctico, de aquellas áreas especializadas y de actualidad, que tienen una demanda importante en la industria nacional, tales como, el estudio de las relaciones laborales, el comportamiento humano en las organizaciones, la planeación y control de la producción, la automatización y robótica, los sistemas productivos, la calidad y la planeación estratégica.
- Hacer uso de la tecnología informática para la automatización y la solución de problemas en los procesos de producción. En particular deberá tener una amplia práctica en dibujo, diseño y manufactura asistidos por computadora.
- Tener conocimientos del área social y humanística, así como del área de economía.
- Tener la formación necesaria para realizar trabajos de investigación en el área de Ingeniería Industrial.

#### **APTITUDES Y HABILIDADES.**

- Tener aptitud para aplicar el método científico, al estudio y solución de problemas.

- Tener aptitud para definir la naturaleza esencial de los problemas ingenieriles, que deberá resolver en la práctica profesional, así como, para desarrollar o adaptar la metodología mas adecuada para dicha solución.
- Tener la habilidad para trabajar en grupos multidisciplinarios e interdisciplinarios y participar en la toma de decisión.
- Tener la capacidad de aplicar técnicas y tecnologías de vanguardia para la mejora de los procesos de producción.
- Tener la capacidad para implantar sistemas de aseguramiento de calidad en las empresas.
- Tener la capacidad de diseñar sistemas integrados de manufactura.
- Aplicar ideas creativas e innovadoras para diseñar equipos, procesos o sistemas alternativos a los tradicionales.

## ACTITUDES.

- Enfrentar las tareas que se le encomienden, con seguridad y confianza en si mismo, con responsabilidad y dedicación.
- Debe considerarse un miembro importante en la toma de decisiones de la organización.

## ESTRUCTURA DEL PLAN DE ESTUDIOS.

El objetivo de la Carrera de Ingeniero Industrial, es el de formar profesionales de alto nivel, que sean capaces de diseñar, innovar, desarrollar, integrar, planear y poner en operación los sistemas productivos que se apliquen a sectores diversos, contemplando y manteniendo altos niveles de calidad, para elevar la productividad y la competitividad de las empresas y el bienestar de la sociedad.

La propuesta de la currícula de Ingeniería Industrial, cumple con los requisitos mínimos que recomienda el CACEI (Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería) para que un programa de Ingeniería pueda ser acreditado. Siguiendo estos lineamientos, se propone la siguiente estructura:

**CIENCIAS BÁSICAS:** Fundamentan los conocimientos científicos en Matemáticas, Física y Química. Se propone un tronco común de la carrera, el cual queda integrado por 16 asignaturas obligatorias.

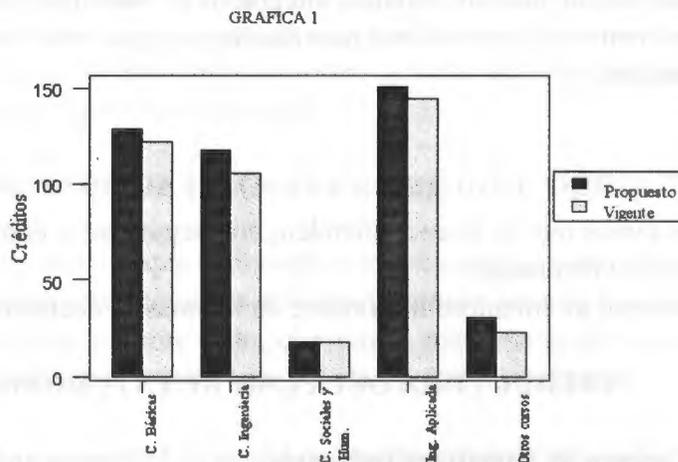
**CIENCIAS DE LA INGENIERÍA:** Fundamentan los conocimientos básicos de la carrera, científicos y tecnológicos, estructurando las teorías de la ingeniería, mediante la aplicación de las ciencias básicas: 19 asignaturas.

**INGENIERÍA APLICADA:** Permiten hacer uso de los principios de la ingeniería, para planear, diseñar, evaluar, construir, operar y conservar proyectos de ingeniería: 15 asignaturas.

**CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES:** Complementan la formación social y humanista del Ingeniero: 3 asignaturas.

**OTROS CURSOS:** Contemplan la formación del egresado, en otros conocimientos que no corresponden a los rubros antes mencionados: 3 asignaturas.

En la gráfica siguiente, se muestra la comparación del número de créditos del plan de estudios vigente contra el número de créditos del plan de estudios propuesto.



## DURACIÓN DE LOS ESTUDIOS

Los estudios se realizarán en sistema escolarizado, con duración de diez semestres lectivos y los requisitos de ingreso serán los señalados en la Legislación Universitaria.

## REQUISITOS DE TITULACION.

De acuerdo a la Legislación Universitaria, para acceder al Título de Ingeniero Industrial, se deberá haber cursado el 100% de créditos, haber realizado el Servicio Social y optar por alguna de las siguientes vías de titulación: tesis, informe de servicio social, examen global de conocimientos, seminario de titulación, estudios de maestría, memoria de desempeño profesional. Todas las opciones anteriores, conformarán la parte escrita del examen profesional debiendo presentarse la parte oral correspondiente.

## REFERENCIAS.

1. Consejo de Acreditación de la enseñanza de la ingeniería A. C. Manual, noviembre 1998. México, D. F.
2. Estructura Departamental y Currículum Flexible. Consejo Técnico ENEPC, 1974.
3. Legislación Universitaria. U.N.A.M. Oficina del Abogado General. Dirección general de estudios y proyectos legislativos. México, 2000.
4. Plan de Estudios IME. 1980. Unidad de la Administración Escolar. FESC, 1988.
5. Plan de Estudios IME. 1993. Unidad de la Administración Escolar. FESC, 1994.

# Matemáticas discretas para Informática

Rodrigo Cardoso

Universidad de los Andes

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación

E-mail: rcardoso@uniandes.edu.co

## Resumen

Se propone un cambio de enfoque en la enseñanza de las matemáticas discretas dentro de un currículo de Informática. Las ideas expuestas corresponden a cambios curriculares adelantados en 1998 en el pregrado de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad de los Andes y en la Universidad de Cornell ([Gri1991], [Gri1994], [Gri1995], [Gri1998]).

Una novedad de esta presentación es la pretensión de enseñar *a un tiempo* las matemáticas correspondientes (lógica, teoría de conjuntos, aritmética, ...) y sus aplicaciones en informática. Por otro lado, hay un cambio de enfoque importante en cuanto a la forma de entender lo que es una demostración y cómo se hace. El nuevo enfoque tiene como regla de inferencia básica la sustitución de iguales por iguales (regla de Leibniz) en contraposición al uso de reglas como *Modus Ponens*.

## Palabras clave

Matemáticas discretas, lógica para ingenieros, sistemas deductivos, regla de Leibniz.

## 1 Introducción

Desde 1983, el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad de los Andes (DISC-Uniandes) incluyó en su currículo de pregrado temas relacionados con la especificación y verificación formal de programas, principalmente en el curso *ISIS 241 Verificación y desarrollo de programas* ([Car1993]). Como prerrequisitos se exigían un curso de lógica y uno de matemáticas discretas básicas “clásicos” (teoría de conjuntos, funciones, relaciones, álgebra abstracta, teoría de conteo, ...). Las ideas de pre- y poscondiciones, invariantes, etc., permearon en otros dominios del currículo, de manera que se puede afirmar, después de 18 años, que el conocimiento básico de estos temas es una característica distintiva de los egresados de este pregrado.

En el segundo semestre de 1998 se implantó un cambio curricular que buscó, entre otros objetivos, resolver problemas que se habían observado al llevar a la práctica los conocimientos que se impartían en cursos fundamentales. En particular, el conseguir en los estudiantes una conciencia de la importancia del formalismo para sustentar argumentos o para garantizar la calidad de los productos se lograba en menos medida de la deseada. Una de las causas era cierta desconexión detectada entre la manera clásica de abordar los temas de matemáticas discretas con la eventual aplicación de estos conocimientos en la informática.

## 2 ¿Qué se necesita?

La informática es una disciplina cuyo ejercicio se fundamenta en el modelaje de una realidad que, en la práctica, no se puede o no se debe manipular físicamente. Por esta razón, la informática requiere de herramientas metodológicas formales, como son las matemáticas en sus diferentes matices y enfoques. Para su interacción con otras disciplinas, el informático puede requerir matemáticas continuas tradicionales (cálculos diferencial e integral, ecuaciones diferenciales, ...). Sin embargo, al final lo usual es trabajar con computadores digitales que se usan y programan de manera discreta. Así, los modelos más utilizados son discretos e incluso las aplicaciones de lo continuo son tratadas con métodos aproximativos de matemáticas discretas.

Un informático debe conocer las matemáticas básicas que los demás ingenieros estudian. Además, debe conocer matemáticas discretas en un sentido práctico, es decir, para aplicarlas en la especificación de sus modelos y programas, en el desarrollo de sus productos y en la verificación de la corrección de lo que hace.

En un currículo normal, un pregrado de informática puede incluir temas como lógica, teoría de conjuntos, álgebra abstracta, teoría de grafos, etc. En la mayoría de los casos, los estudiantes asumen estos cursos con la misma actitud que toman hacia las matemáticas continuas, i.e., como conocimientos que forman pero no son esenciales para su desarrollo profesional. Sin embargo, la práctica profesional de la informática tiene en cuenta cada vez más ideas alrededor de la calidad de programas, procesos, etc. Esto solo se logra cuando se tiene un respaldo formal como el que brindan las herramientas de matemáticas discretas aplicadas de manera conveniente a cada situación.

Una de las causas del problema de asumir la matemática discreta como “cultura general” es la falta de nexos explícitos entre lo que se aprende en los cursos con la eventual aplicación de los conocimientos. Los cursos de Verificación y Desarrollo de programas y Eficiencia de Algoritmos en el DISC-Uniandes fueron incluidos e impartidos de forma que hubiera más conexión entre las matemáticas discretas y la informática teórica básica, en los currículos de los años 80s. Una razón importante para cambiar las matemáticas discretas en el currículo de 1998 fue el reconocer, a la luz de los resultados en las clases, que los alumnos no tenían afianzados los conocimientos básicos que se esperaba que los cursos de matemáticas discretas les hubieran dado. Se debía gastar tiempo, hablando de especificación de programas, explicando cómo el lenguaje de la lógica servía para modelar situaciones; o verificando programas, recordando lo que significaba demostrar un predicado.

La solución que se planteó se basó en una propuesta que se implantó en la Universidad de Cornell, por parte de David Gries y Fred Schneider (cf. [Gri1991], [Gri1994], [Gri1995], [Gri1998]). Gries es un viejo conocido de nuestro currículo: su libro [Gri1981] fue el texto inicial del curso de Verificación y desarrollo de programas y sirvió de fuente principal en la concepción de [Car1993], que fue utilizado como texto en los 90s. Detrás de todo están las siguientes grandes ideas:

- Las matemáticas discretas pueden enseñarse y aprenderse teniendo en la mira el contexto informático en el que se aplicarán.
- Resulta más natural (¿o más práctico?) enseñar a demostrar mediante un cálculo deductivo ecuacional que usando el tradicional método de *Modus Ponens*.

- Las matemáticas discretas para informática deben ser estudiadas como métodos, técnicas o herramientas. No, y esta es una gran diferencia con el enfoque tradicional, como objeto de estudio. Por ejemplo, dejan de importar, en primera instancia, temas como completitud de una lógica; esto queda para cursos de profundización.
- El informático tiene, a diferencia del matemático, *un* modelo estándar – ¡la realidad que abstrae!- que le sirve de semántica para sus construcciones sintácticas.

El currículo en DISC-Uniandes se modificó en 1998, de manera que se remplazaron los cursos *MATE 360 Matemática estructural* y *MATE 361 Lógica* por dos cursos nuevos:

- *ISIS 106 Herramientas de deducción formal*: un curso de lógica basado en un cálculo deductivo ecuacional, con aportes interesantes en el manejo de cuantificadores (lo que simplifica el paso de lógica proposicional al de lógicas de alto orden).
- *ISIS 107 Fundamentos de ciencias de la computación*: un curso de matemáticas discretas que supone el conocimiento de la lógica del curso anterior, para aplicarla en el estudio de la aritmética, las secuencias, las relaciones, etc.

Los dos cursos enseñan, transversalmente, los rudimentos de la corrección y verificación de programas, utilizando las herramientas de lógica y deducción ya mencionadas. Esto permite que el estudiante aprenda las nociones fundamentales de matemáticas discretas y encuentre, simultáneamente, dominios de aplicación importantes e interesantes de tales conocimientos.

### 3 Lógica ecuacional

Más que de una lógica ecuacional se puede hablar de una matemática discreta ecuacional, ya que los métodos de la lógica son extrapolables a otras disciplinas de matemáticas discretas interesantes para las aplicaciones en informática. Aquí se da una idea muy somera del formalismo subyacente y se ve cómo, de esta manera, se concretan las ideas generales expuestas en la sección anterior.

#### 3.1 Sustitución textual y regla de Leibniz

La propuesta de cambio en la enseñanza de las matemáticas discretas para informática se basa en un cambio conceptual importante: en lugar de introducir los conceptos de demostración y pruebas con el cálculo deductivo clásico, basado en la *regla de Modus Ponens*:

$$\frac{p \quad p \Rightarrow q}{q}$$

se prefiere un cálculo ecuacional, en el que la igualdad<sup>1</sup> ( $\equiv$ ) y no la implicación ( $\Rightarrow$ ) es el conectivo lógico alrededor del cual gira el énfasis de las pruebas y la regla de inferencia es la llamada *regla de Leibniz* o *sustitución de iguales por iguales*.

<sup>1</sup> En realidad, se habla de cálculo ecuacional, útil en dominios en los que se puede definir una igualdad, como la aritmética, por ejemplo. También es el caso de la lógica, donde la igualdad es la equivalencia lógica ( $\equiv$ ).

Antes de explicar la regla de Leibniz es necesario introducir una notación para la acción de *sustitución textual*. Con  $E[z:=p]$  se denota una expresión igual a la expresión E, excepto que, en todas las apariciones de la variable z, ésta se cambia por la expresión (p) <sup>2</sup>. Los paréntesis se dejan sólo si hay posibilidad de confusión. En general, puede haber más de una variable para sustituir y, en este caso, se entiende una sustitución paralela de las variables.

Así:

$$\begin{aligned} & (x*y) [x,y:=z+2,1] \\ = & \quad \langle \text{Def. de sustitución textual} \rangle \\ & (z+2) * 1 \\ = & \quad \langle \text{Eliminación de paréntesis redundantes, aritmética} \rangle \\ & z+2 \end{aligned}$$

El ejemplo anterior sirve para introducir, además, el formato que se utiliza para las demostraciones. Las líneas que contienen expresiones evaluables (v.gr., aritméticas, lógicas) se relacionan con líneas que incluyen un conectivo ecuacional (igualdad, equivalencia lógica, ...) y una razón que explica la corrección de la relación<sup>3</sup>.

La *Regla de Leibniz* se establece así:

$$\text{Regla de Leibniz: } \frac{p = q}{E[z:=p] = E[z:=q]}$$

La adecuación de esta regla, con respecto a la lógica tradicional, se basa en propiedades de la igualdad y en el axioma de instanciación clásico.

Un ejemplo de aplicación de la Regla de Leibniz:

$$\begin{aligned} & 2*x/2 = x \\ = & \quad \langle \text{Regla de Leibniz: } E := (2*x/2 = x), p := x, q := 3j+1 \rangle \\ & 2*(3j+1)/2 = 3j+1. \end{aligned}$$

### 3.2 Más reglas de inferencia y axiomatización

Además de la regla de Leibniz, el cálculo ecuacional incluye como reglas de inferencia una para transitividad de la igualdad, una regla que permite deducir  $E[z:=p]$  de E (correspondiente al axioma de instanciación) y una regla llamada *de equidad*, que permite deducir q teniendo como hipótesis a p y  $p \equiv q$ .

<sup>2</sup> Es tradicional, en textos de lógica, la notación  $E_p^z$ , pero aquí se prefiere la notación  $E[z:=p]$  por su similitud con la notación de asignación en lenguajes de programación imperativos, usualmente conocidos por los estudiantes de informática.

<sup>3</sup> Este formato es generalizado, más adelante, para permitir conectivos transitivos (v.gr., desigualdades, implicaciones) y pruebas con hipótesis, con lo cual se simplifican ciertas demostraciones.

El cálculo deductivo ecuacional queda completamente definido cuando se introducen axiomas correspondientes. La idea es comenzar por axiomatizar la lógica proposicional y extender el conjunto de axiomas para cubrir las lógicas de más alto orden usadas en teorías usadas en informática (primer orden, aritmética, teorías de secuencias, etc.). En [Gri1994a] se muestra la completitud de este cálculo para el caso proposicional.

Las bases de lógica proposicional son fundamentales y establecen pautas de notación y procedimiento para la enseñanza y el aprendizaje. El conectivo  $\equiv$ , que denota la equivalencia lógica, es la igualdad para el cálculo ecuacional correspondiente. Hay axiomas que suenan curiosos, como son la asociatividad del conectivo de equivalencia lógica

$$((p \equiv q) \equiv r) \equiv (p \equiv (q \equiv r))$$

que, una vez asumido, permite expresar axiomas como la llamada *Regla de Oro*, eliminando paréntesis innecesarios:

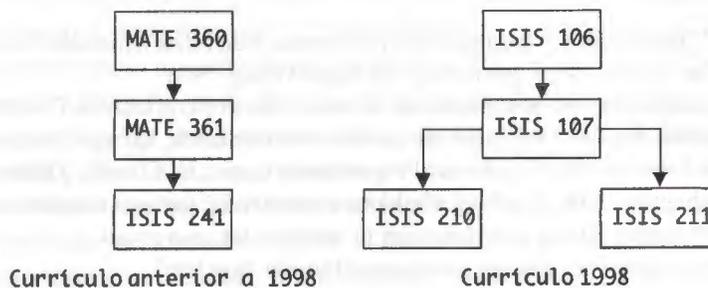
$$p \wedge q \equiv p \equiv q \equiv p \vee q.$$

El paso a lógicas de más alto orden se efectúa mediante una teoría general de cuantificación. Esta teoría no solo comprende las cuantificaciones existencial y universal clásicas, sino que logra tratar de manera uniforme y general términos correspondientes a operaciones acumuladoras derivadas de operadores asociativos conmutativos y con unidad (sumatorias, multiplicatorias, etc.).

La teoría de conjuntos, relaciones, funciones y temas como inducción y sus aplicaciones a la especificación y verificación de programas se introducen complementando la axiomatización básica. Esto permite una visión conjunta de las teorías matemática e informática, de suerte que el ambos estudios se consideran mutuamente justificados.

#### 4 Resultados

Para estimar efectos del cambio curricular se consideran los dos cursos del currículo anterior y su relación con el siguiente curso de informática de entonces (MATE 360  $\rightarrow$  MATE 361  $\rightarrow$  ISIS 241) y lo correspondiente en el currículo actual (ISIS 106  $\rightarrow$  ISIS 107  $\rightarrow$  (ISIS 210 | ISIS 211)). Las dependencias entre las materias de uno y otro currículo se ven representadas en la siguiente figura:



Los cursos *ISIS 210 Modelaje y especificación de software* e *ISIS 211 Diseño de algoritmos* reciben los estudiantes de los nuevos cursos de matemáticas discretas.

El siguiente cuadro muestra de manera comparada el desempeño de estudiantes frente a los dos currículos. La columna “reprobó” se refiere al número de estudiantes que perdieron la materia. Para una casilla (materia-X, materia-Y), el dato indicado corresponde al porcentaje de estudiantes que Las siguientes casillas muestran el porcentaje de estudiantes que, habiendo aprobado la materia-X perdieron la materia-Y. Por ejemplo, 20.50% de los estudiantes que aprobaban *MATE 360* perdían *MATE 361*.

	Currículo anterior a 1998			Currículo 1998				
	reprobó	MATE 361	ISIS 241	reprobó	ISIS 107	ISIS 210	ISIS 211	
MATE 360	27.70%	20.50%	14.10%	ISIS 106	16.89%	16.95%	6.67%	7.14%
MATE 361	26.40%		13.90%	ISIS 107	16.92%		7.14%	14.29%

Aunque las poblaciones son pequeñas todavía para hablar de que estas cifras reflejen una realidad estable, se observa una tendencia a reducir la mortalidad comparada de los cursos, así como la adecuación de un curso prerrequisito con respecto a otro posterior. En este caso se debería esperar que estas cifras fueran decrecientes. De hecho, lo son para los dos currículos, pero son menores en el currículo nuevo.

Un sondeo informal con profesores que han tenido experiencia con las dos variantes de currículo confirma, además, que el nuevo currículo ha mejorado el entendimiento que los estudiantes tienen sobre los temas tratados. Por ejemplo, la noción de demostración formal es entendida por la mayoría sin la menor complicación. En esta clase de apreciaciones influye, decididamente, la forma en que la clase se aborda: muchos ejercicios, mucha exigencia sintáctica en el primer curso.

En general, se puede afirmar que el impacto del cambio curricular ha sido benéfico, aun en aspectos que están por medirse de manera menos informal. La propuesta, como todo cambio que exige novedades, requiere profesores capacitados en temas de matemáticas discretas y, en menor grado, en informática teórica elemental.

## Bibliografía

- [Car1993] Cardoso, R., Verificación y desarrollo de programas, Ediciones Uniandes-Ecoé, 1993.
- [Gri1981] Gries, D., The science of programming, Springer-Verlag, 1981.
- [Gri1991] Gries, D., Calculation and discrimination: a more effective curriculum, CACM Vol 34, No. 3, 1991.
- [Gri1994] Gries, D. Schneider, F.B., A logical approach to discrete math, Springer Verlag, 1994.
- [Gri1994a] Gries, D., Schneider, F.B., Equational Propositional Logic, U. Cornell, TR94-1455, 1994.
- [Gri1995] Gries, D. Schneider, F.B., Teaching Math more effectively, through calculational proofs, AMM, 1995.
- [Gri1998] Gries, D. Schneider, F.B., An introduction to teaching logic as a tool,  
<http://simon.cs.cornell.edu/home/gries/Logic/Introduction.html>.

# UNA VISIÓN DE EDUCACIÓN EMPRESARIAL PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES

## AUTORES

Ingeniero JAVIER F. VILLEGAS MESA \*  
Decano Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones  
e-mail: javier\_fer\_99@yahoo.com

Ingeniera MARCELA CASCANTE MONTOYA \*  
Director de Extensión y Calidad Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones  
e-mail: mar\_18\_11@yahoo.com

\* Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones  
Diagonal 47 No. 15 – 50 Tel / Fax: 2883681  
Universidad Católica de Colombia  
Bogotá – Colombia

Doctor Ingeniero RICARDO LLAMOSA  
e-mail: rllamosa@uis.edu.co  
Calidad, Ingeniería de Sistemas y Modelado de Aprendizaje Organizacional – CISMA –  
Centro de Innovación y Desarrollo para la Investigación en Ingeniería del Software – CIDLIS –  
Universidad Industrial de Santander  
Sede UIS Bucarica – Oficina 330 Tel / Fax: ++7-6701062  
Bucaramanga, Colombia

## Palabras Claves:

Calidad, Aseguramiento de calidad, Modelado del conocimiento, Gestión de Aprendizaje, Estructura Organizacional, Organización, Ingeniería de Software, Ingeniería del Conocimiento, ISO 9000, Indicadores, Gestión de proyectos, CMM

## RESUMEN

Esta ponencia describe las causas y efectos de un sistema de “Aseguramiento de Calidad” derivadas de un proceso seguido de: Especificación, Definición, Diseño, Producción e Implementación de un currículo soportado en las normas ISO 9000:2000. El programa en cuestión se definió siguiendo el modelo de ciclo de vida de producto planteado por el proyecto de Gestión Administrativa y Académica de Instituciones Educativas (GAYA). La filosofía del programa de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Colombia, actualmente en funcionamiento, se fundó bajo un Modelo Pedagógico que atraviesa tres estadios que van desde el Aprender a Aprender hasta el Aprender a Emprender. El modelo presentado permite a la vez responder a la Calidad, dando coherencia entre lo que se dice y lo que se hace. Para el efecto ha soportado su ejecución, con la documentación de los procedimientos necesarios para el funcionamiento eficaz de las tres entidades que componen este currículo: Entidad

Administrativa y Académica, Entidad de Investigación y Desarrollo, y Entidad de Extensión y Calidad, basados todos en la disposición de una Estructura Organizacional, ordenada en cuanto a responsabilidades, autoridades y relaciones entre el personal; reflejada en el documento denominado Manual de Calidad de la Facultad, que especifica y aclara el Sistema de Gestión de la misma.

## Modelo propuesto

I- III SEMESTRE	IV - VI SEMESTRE	VII - X SEMESTRE
Aprender a Aprender	Aprender a Hacer	Aprender a Empezar
PROPEDEÚTICA	HERMENÉUTICA	HEURÍSTICA
Apropiación y adaptación de teorías aplicadas a tecnología	Emulación de Tecnología	Innovación tecnológica y empresarial
"Ingeniería Proposicional"	"Ingeniería Analítica"	"Ingeniería Sintética"
Preparación	Interpretación	Innovación

Tabla No. 1. Modelo Pedagógico

El Modelo Pedagógico (Tabla No. 1) soporta su puesta en marcha, en los procesos de "Investigación y Desarrollo", como eje o columna vertebral para transferir el conocimiento a la práctica. El sistema desarrollado incluye instrumentos de evaluación permanente – indicadores -, creados a partir de las políticas asociadas con insumos, recursos y productos, que proporcionan herramientas con las cuales se establecen acciones predictivas, preventivas y correctivas, como patrón de mejora continua.

El eje o columna vertebral del programa (I+D), ha generado tres grupos de investigación en: **Teleinformática, Bioingeniería y Control y Automatización**, que despliegan como *investigación formativa* la gestión realizada por docentes investigadores, hacia los estudiantes de la Facultad. A partir de lo anterior se establece bajo la aprobación, dirección y control de la Decanatura y de la Dirección de (I+D), un Portafolio de Proyectos asociado con los cursos regulares del programa, que va siendo desarrollado por los estudiantes, bajo la constante asesoría y seguimiento de los docentes, en las etapas que constituyen los tres ciclos de aprendizaje reflejados en el esquema propuesto, y que son vistos desde la perspectiva de: Preparación, Interpretación e Innovación.

El programa ha tenido impacto a nivel de ingeniería, pues exige la planificación, diseño, elaboración y producción de cursos en su totalidad, antes de ser realizados, involucrando para su efectividad, los instrumentos de inspección y ensayo<sup>1</sup>, necesarios para ejecutar con eficacia los elementos del modelo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar), como un sistema práctico de gestión de calidad y mejoramiento continuo de procesos, en donde se aprecia el ciclo de Ingeniería Preposicional, Ingeniería Analítica e Ingeniería Sintética, derivado de la filosofía de la Facultad.

<sup>1</sup> NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. ISO 9000:2000, ICONTEC, 13p.

*Inspección:* Evaluación de la conformidad por medio de observación y dictamen, acompañada, cuando sea apropiado, por medición, ensayos o estimación.

*Ensayo:* Operación técnica que consiste en la determinación de una o más características de un producto, proceso o servicio dados de acuerdo con un procedimiento especificado.

# 1. INTRODUCCIÓN

Este apartado describe la gestión efectuada por la Decanatura de la Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones a partir de una estructura organizacional concebida con tres elementos o entidades que articulan el currículo, interactuando entre sí, para posibilitar el cumplimiento de sus metas, ante la sociedad y el país.

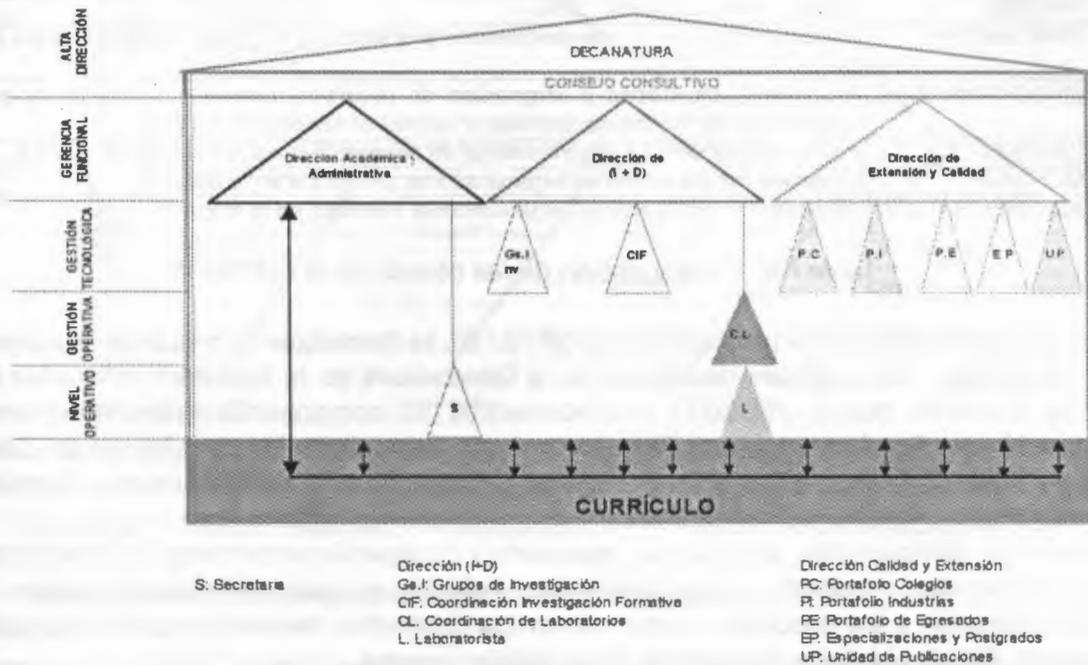


Figura No. 1. Estructura Organizacional

La Decanatura, junto con la entidad de Investigación y Desarrollo, implementó con la ayuda de la entidad de Extensión y Calidad (por favor observe la Figura No. 1), un sistema de Aseguramiento de calidad, bajo la asesoría de la Dirección del Proyecto: "Gestión Administrativa y Académica / Instituciones Educativas (GAYA/IE)<sup>2</sup>", que permea los componentes del currículo, para satisfacer los requisitos de los clientes mediatos e inmediatos, que hacen de esta propuesta, una realidad enfocada a coadyuvar en la solución de las problemáticas generadas por los cambios sociales, económicos y políticos, frente a los avances técnicos y tecnológicos, dentro del contexto del país.

El proceso para el aseguramiento en la entidad de (I+D), se apoyó para su ejecución en el modelo de estados de madurez<sup>3</sup> y los pasos que conforman las once etapas descritas en la tabla No. 2, necesarios para establecer una entidad educativa organizacional, funcional y operativa, sugerida por el Proyecto GAYA / IE.

<sup>2</sup> GAYA/IE es un producto tecnológico que incluye conocimientos e instrumentos sistémicos y sistemáticos para definir, modelar y establecer un sistema de procesos y de medición continua, organizado sobre entidades organizacionales educativas. Con GAYA / IE, se pueden modelar entidades organizacionales, como estructuras de componentes organizacionales y funcionales, usando información sobre procesos, recursos, indicadores, variables y descriptores. El comportamiento de dichas entidades organizacionales así modeladas, puede observarse en el tiempo, a través de una representación computarizada e informatizada de indicadores que evoluciona utilizando herramientas de simulación o pruebas piloto.

<sup>3</sup> Reconocimiento, habituación, formalización, administración y optimización.

No.	ETAPA	ACTIVIDAD
1	CONCEPCIÓN	Identifica necesidades y decisión para desarrollar un proceso
2	DIAGNÓSTICO	Establece criterios de selección de entidades organizacionales a modelar y evalúa necesidades de formación y conocimiento del recurso humano que participa en el proceso.
3	CONOCIMIENTO	Determina entidades organizacionales candidatas, selecciona la entidad organizacional a modelar y prepara el recurso humano que interviene en el proceso.
4	PLANEACIÓN	Planea alcances, políticas, objetivos, plan de actividades y recursos requeridos para cumplir el proceso sobre la entidad organizacional seleccionada en la etapa 3.
5	MODELADO	Desarrolla el modelado de la entidad organizacional piloto usando software.
6	PRUEBA	Simula y ejecuta modelo piloto.
7	EVALUACION	Evalúa prueba piloto, que da apertura a la etapa 8, o indica repetición de las etapas 5 a 7.
8	PROGRAMACIÓN	Programa actividades y asignación de recursos para el montaje de la entidad organizacional, modelada, probada y validada en las etapas 5 a 7.
9	PRODUCCIÓN	Implementa la entidad organizacional de acuerdo a lo establecido en la etapa 8.
10	MONTAJE	Entrena e instala la entidad organizacional, producida en la etapa 9.
11	ADMINISTRACIÓN	Administra y usa la entidad organizacional montada en la etapa 10.

Tabla No. 2. Descripción de las etapas de la GAYA / IE

Una vez adoptadas las etapas propuestas por GAYA / IE, se formalizaron mediante reuniones de grupos de calidad, las políticas derivadas de la Decanatura de la Facultad, reflejadas en la Misión<sup>4</sup> de la misma, dando creación a los documentos que componen la pirámide documental de calidad: Norma Fundamental para direccionamiento de la ejecución de: Manual de Calidad, Manual de Procedimientos, Manual de Funciones y Roles, Diseño de Instructivos, Formatos y Registros.

Para una mejor comprensión, apropiación, ejecución y divulgación entre todos los miembros de la entidad, se analizó mediante un diagrama causa – efecto, las sub entidades integrantes de la entidad en cuestión y los procesos y procedimientos derivados, necesarios para garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos en su Misión<sup>5</sup> interna.

El diagrama de la Figura No. 2, muestra en forma sistémica, la interrelación de los elementos o sub entidades, que garantizan a los clientes involucrados: inmediatos (estudiantes) y mediatos (empresarios y sociedad en general) la satisfacción, frente a las necesidades y expectativas propuestas.

<sup>4</sup> **Misión:** "Participar en los procesos de transformación y desarrollo del país, mediante la formación de Ingenieros Electrónicos y de Telecomunicaciones Católicos, personas críticas, comprometidas con el servicios a sus semejantes, preparadas en (I+D), creadores de empresa y tecnología, capaces de competir con sus pares nacionales e internacionales en igualdad de condiciones, asumiendo los cambios y retos exigidos por los continuos avances tecnológicos.

<sup>5</sup> **Misión de la entidad de Investigación y Desarrollo:** "Responder por los procesos inherentes a la investigación y el desarrollo en la comunidad académica en la Facultad, desde un modelo interestructurado que refleje el "aprender a aprender haciendo", en el abordaje científico de las problemáticas propias de la Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones, contribuyendo a la mejora permanente de los servicios que ofrece esta entidad.

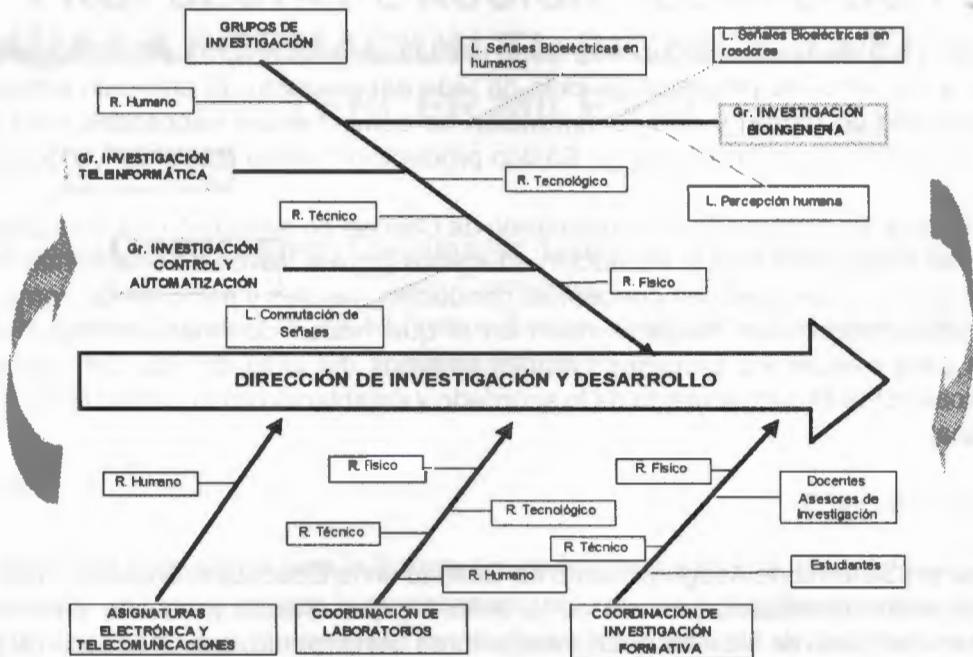


Figura No. 2. Diagrama Causa – Efecto del Proceso Pedagógico

## 2. CALIDAD Y MODELADO DE PROCESOS EN UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA

### 2.1 Aseguramiento y Sistema de Aseguramiento de Calidad

El Aseguramiento de Calidad,<sup>6</sup> recoge el proceso necesario para comprobar el grado de satisfacción de los usuarios y clientes,<sup>7</sup> respecto a las características inherentes de los productos y / o servicios. Este desarrollo impone el establecimiento de procesos de mediación confiables para establecer los requisitos de calidad.

En primera instancia es necesario comprender el concepto de sistema, como una colección de componentes organizados, que interactúan entre sí, para cumplir una función o conjunto de funciones específicas, más concretamente asimilado como el proceso<sup>8</sup> constituido por subprocesos, utilizando recursos para transformar entradas en salidas.

Así, el sistema de aseguramiento de calidad, implementado en la Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Colombia, se asocia con los procesos o sub procesos requeridos en cada una de las sub entidades de la Dirección de (I+D), para garantizar que el cliente, recibe con grado satisfactorio, los implicandos propuestos en la Misión de la entidad.

<sup>6</sup> NORMA TÉCNICA COLOMBIANA., Op. Cit p. 5. Aseguramiento de Calidad: " Parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza en el cumplimiento de los requisitos de calidad".

<sup>7</sup> En el contexto de la educación, los clientes de una organización educativa son todas las personas internas y externas involucradas en el sistema: Educandos, Padres o tutores, Organizaciones que contratan servicios educativos, Estado Nacional, provincias, municipios cuando se contratan servicios para terceros, Empleadores y futuros empleadores y Organizaciones educativas receptoras de educandos provenientes de un nivel diferente o inferior de formación. En sentido general, la sociedad es el cliente

<sup>8</sup> NORMA TÉCNICA COLOMBIANA., Op. Cit p. 2. Proceso: "Sistema de actividades que utiliza recursos para transformar entradas en salidas"

## 2.2 Modelo del Sistema de Aseguramiento de Calidad en la Educación

El modelo de un Sistema de aseguramiento de calidad se establece a partir del significado de la educación<sup>9</sup> y del árbol de procesos de ciclo de vida del producto. El currículo educativo, debe observarse como un patrón y una configuración de componentes necesarios para el proceso educativo, compuesto por los procesos: Básico productivo<sup>10</sup>, organizacional<sup>11</sup>, y de soporte<sup>12</sup>.

En consecuencia, un sistema de Aseguramiento de Calidad en educación, es un sistema agente, con el cual se comprueba que la institución educativa logra a través de una transformación, un recurso humano caracterizado en conceptos, conductas, valores y patrones de comportamiento dentro de una organización fundamentada en el que hacer, con instrumentos metrológicos necesarios para evaluar los procesos complementarios del ciclo de vida del egresado y sus características sobre el cumplimiento de lo acordado y establecido en el perfil cultural, profesional y ocupacional.

## 3. CONCLUSIONES

Implementar un Sistema de Aseguramiento de Calidad en la Educación Superior, implica diseñar un currículo desburocratizado, con un norte definido, que articule procesos y procedimientos necesarios en cada uno de los elementos integradores del currículo, que obedezcan al paradigma de documentar lo que se hace y hacer lo que se documenta, haciendo bien las cosas desde el principio, para posibilitar a los estudiantes condiciones de formación, que les permitan mejorar su entendimiento preparándolos a través de conocimientos y experiencias para la futura sociedad que el país necesita.

La Calidad en la educación es un intangible que no se puede medir con precisión en el ser que la recibe, pero que en sus procesos de orden académico y administrativo, se puede evaluar mediante indicadores que muestran la eficiencia del servicio.

## 4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. ISO 9000:2000, ICONTEC, 13p.
- [2] Cascante M. M. et al, Manual de Calidad de la Facultad de Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad Católica, Bogotá, Abril de 2001.
- [3] Llamosa et al, Tecnología informática para la gestión administrativa y académica de instituciones educativas, *Contrato 366-9, Informe Final COLCIENCIAS, CIDLIS, UIS, Septiembre 2000.*

---

<sup>9</sup> La Educación es entendida como un conjunto de prácticas o actividades ordenadas, a través de las cuales, un grupo social ayuda a sus miembros a asimilar el conocimiento como cultura pública, colectiva y organizada, encargándose de formarlo y prepararlo para su intervención activa en el proceso social. El proceso educativo plantea actividades de seguimiento, asimilación y desarrollo de conceptos, conductas, valores y patrones de comportamiento exclusivos del ser humano, necesarios para su integración en la comunidad.

<sup>10</sup> Establecimiento de necesidades educativas (adquisición); definición y acuerdos de perfiles educativos a producir (suministros); diseño, desarrollo, prueba, validación y montaje de programas (desarrollo); uso (educación e instrucción) y actualización de programas (mantenimiento).

<sup>11</sup> Actividades que establecen la administración, infraestructura, entrenamiento, mejoramiento general.

<sup>12</sup> Actividades documentales, administrativas, de administración de componentes esenciales para prestar un buen servicio en la educación, de aseguramiento de calidad, verificación y validación curricular, de auditoria y de revisión conjunta para su permanente actualización.

# PROPUESTA DE ACCION PEDAGOGICA PARA LA FORMACION EN INGENIERIA EN EL TERCER MILENIO

**EAA. William Cuadrado Cano, Coordinador Académico Universidad Antonio Nariño**  
**Sede Cartagena**  
**Avenida Crisanto Luque N° 48-64 Nuevo Bosque Cartagena de Indias, Colombia,**  
**Teléfono 669 09 59**

## RESUMEN

La Propuesta Pedagógica para la Formación en Ingeniería en el Tercer Milenio, aquí presentada, se fundamentó en la dinamización del modelo pedagógico constructivista, para lo cual se crearon escenarios académicos donde no solo se desarrollaron los avances conceptuales pertinentes a las asignaturas involucradas, sino que también se desarrollaron habilidades cognitivas y metacognitivas, habilidades comunicativas y hábitos académicos; a la vez que se utilizaron al máximo los espacios de atención al estudiante

## ANALISIS DE LAS PRACTICAS Y ACTIVIDADES DEL EDUCADOR O FACILITADOR

### Un vistazo al aprendizaje autónomo desde el constructivismo

*Estudios realizados en el país demuestran suficientemente que nuestros jóvenes no están adquiriendo las competencias básicas para su pleno desempeño en la sociedad de hoy del futuro. Muchos jóvenes salen de las escuelas sin comprender plenamente los textos escritos y con limitada capacidad para expresar verbalmente o por escrito un argumento [1]*

De acuerdo con Insuasty [2], investigaciones realizadas en el ámbito del desempeño profesional, indican que curiosamente, no existe una relación directa entre el nivel de capacitación alcanzada por el profesional y su desempeño en el campo laboral. De igual forma, se llegó a la conclusión de que un buen desempeño profesional está íntimamente relacionado con ciertas habilidades adquiridas, como son: las habilidades para relacionarse con otras personas, su capacidad de motivación intrínseca y finalmente su habilidad para Aprender a Aprender.

Este trabajo muestra, cómo una aplicación de la concepción constructivista [3] en el terreno de la educación da solución al problema planteado, de bajos niveles de desempeño en el ámbito laboral de los profesionales.

La postura constructivista tiene sus cimientos en diversas corrientes psicológicas asociadas a la psicología cognitiva. Es así, como toma de la teoría genética de Piaget del desarrollo intelectual, la autonomía como punto de llegada para el desarrollo individual en todas las dimensiones del hombre, entendiendo como tal, la autonomía moral, intelectual y social. [4], yendo más allá, al considerar el proceso de educación como un evento de aculturación y reconstrucción, donde los alumnos pasan a formar parte de una comunidad.

En la teoría del aprendizaje verbal significativo, encontramos el postulado, que el estudiante, reconstruye su conocimiento a partir de los esquemas que posee en su estructura cognitiva. Es decir, el conocimiento es el resultado de la interacción entre los nuevos objetos de aprendizaje, los conocimientos previos y las características personales del joven.

De Vigostky, se alimenta de su teoría sociocultural del desarrollo del aprendizaje, en la cual el hombre es un ente social y cultural, por lo cual el proceso de crecimiento intelectual debe darse en el marco del grupo al que pertenece.

Por otro lado, a partir de las teorías del procesamiento humano de información, se ponen en marcha todas las estrategias cognitivas intencionalizadas, entendiéndolas como un proceso de control, planificación y organización, es decir, como la de administración de procesamiento de información, en situaciones de aprendizaje académico.

En conclusión, el constructivismo es la idea que el hombre no es el producto sólo del ambiente y de sus disposiciones internas, sino que es un producto dinámico que se forma con el paso de los días, con el contacto de los otros que lo rodean y que interactúan con él, en un grupo social. Los instrumentos utilizados para dicha forja, serán entonces sus conocimientos previos y la actividad interna y externa que realice el joven al respecto.

Esa conjunción de teorías nos lleva al concepto del *Aprendizaje Autónomo* [5], constituido por dos conceptos iniciales: Aprendizaje [6], que es una acción individual propia del hombre, el cual trae consigo un proceso de crecimiento reflejado en su maduración intelectual y moral. Autónomo [7]: La autonomía llevará al joven a ser forjador de su futuro encontrando en sí mismo la fuerza para progresar, hallar el conocimiento y disponer de sus procesos para transferir lo aprendido en condiciones divergentes. La finalidad de la educación ha de ser, la creación de espacios donde se permita la estructuración de jóvenes, y adultos autónomos tanto moral como intelectualmente, el desarrollo de habilidades cognitivas, y de interacción sociocultural, con una gran capacidad de motivación intrínseca que lo ayuden a salvar los obstáculos; que permita su adaptación a situaciones y circunstancias difíciles.

### **Planteamiento didáctico del método científico**

Según la ley 30 de 1992, artículo N° 1, “La educación superior es un proceso permanente que posibilita el desarrollo de las potencialidades del ser humano de manera integral” [8], teniendo como objeto final el pleno desarrollo y la formación de los alumnos. En la misma ley artículo N° 4, reza:

*“ La educación superior, sin perjuicios de los fines específicos de cada campo del saber, despertará en los educandos un espíritu reflexivo, orientado hacia la autonomía personal, en un marco de libertad de pensamiento y de pluralismo ideológico que tenga en cuenta la universalidad de los saberes y la pluralidad de las formas culturales existentes en el país. Por eso la Educación Superior se desarrollará en un marco de libertades de enseñanza de aprendizaje de investigación y de cátedra ” [9].*

Como puede observarse, la constitución propende por la formación de individuos con autonomía personal, tal como lo propone la fundamentación teórica del Aprendizaje Autónomo .

La propuesta desde el marco conceptual del Aprendizaje autónomo, para el desarrollo de cualquier asignatura tomará como base conceptual el método científico; Pardinas [10], afirma al respecto: “El método del trabajo científico, es la sucesión de pasos que debemos dar para descubrir nuevos conocimientos o como en otras palabras para comprobar hipótesis que implican o predicen conductas de fenómenos , desconocidos hasta el momento”. Estos paso se basan en las habilidades de inducción y deducción lo cual lleva a su vez a un pensamiento reflexivo.

Se propone en definitiva un planteamiento didáctico del método científico, en el cual. La investigación debe ser el pilar de las decisiones de cambio en el currículum, una metodología que sumaría un proceso investigativo al desarrollo de diferentes habilidades y estrategias de la enseñanza. Vista desde esta perspectiva, la investigación no es una actividad más en el desarrollo de la asignatura sino el eje central del proceso de aprendizaje.

### **El papel del nuevo docente**

Dentro de este contexto, se debe entrar a cuestionar inicialmente la verticalidad de la relación entre el docente y el estudiante, fundamentada en la autoridad incuestionable del docente, cuya acción metodológica es exclusivamente la exposición oral tradicional, llevando como consecuencia que las expectativas de los alumnos y sus derechos sean ignoradas por que se maneja un concepto genérico de que “ *todos los alumnos son iguales* ” [11].

Contrario a lo anterior, la propuesta considera que para mejorar el proceso enseñanza aprendizaje, el rol del docente debe evolucionar hacia un papel de orientador, investigador y dinamizador de escenarios interactivos entre él y el estudiante y así lograr la motivación activa de los estudiantes en la elaboración de contenidos[12].

En este orden de ideas el docente debe mostrar aquellos puntos de importancia: lo referente a la relación emocional con los demás, el cuestionamiento de lo llamado normal o anormal por la sociedad, la confrontación de novedosos y previos conocimientos, la importancia de las frustraciones en el desarrollo del conocimiento, lo equivocado de ver la vida.[13]

En conclusión, el docente es tan solo un creador de escenarios donde el estudiante de una manera dinámica y agradable, desarrolla habilidades para aprender a aprender de manera autónoma; para ello es indispensable la creatividad inventiva del docente, como creador de actividades siempre

novedosas de interacción, entre ellos y su medio, que motiven al estudiante de una manera significativa al convertirse en el gestor de su aprendizaje.

Lo anterior lleva necesariamente, a reorganizar la actividad del docente y la del alumno dentro y fuera del aula de clase, tomando en consideración otras estrategias de atención diferente a la clase magistral presencial tradicional como son: El aprendizaje individual a distancia, el aprendizaje en pequeños grupos, la consejería académica y el aprendizaje en grandes grupos.

## **DINAMIZACIÓN DEL MODELO PROPUESTO**

### **Orientación de la propuesta**

La propuesta que aquí se plantea, se hace con la consideración, de que es necesario hacer énfasis en la utilización de procesos de pensamiento, para lo cual se toma el Método Científico, como el proceso ideal para llevarlo a cabo.

El método científico tiene cuatro pasos implícitos:

- ⇒ *Definición del problema*
- ⇒ *Planteamiento del problema*
- ⇒ *Solución del problema específico*
- ⇒ *Verificación de la solución.*

### **Propósito de la propuesta**

Antes de dar inicio a la planeación estratégica de las actividades, para el desarrollo de una asignatura específica, es bueno comenzar con la definición de los propósitos que usted como docente desea y quiere lograr en sus estudiantes:

- A. Avance Conceptual : Corresponde al dominio de conceptos fundamentales, propios a la asignatura y de la unidad seleccionada.
- B. Habilidades Cognitivas y Metacognitivas: El pensar, no es una habilidad innata ni espontánea, hay que cultivarla para lo cual se debe aprender los procedimientos implícitos usando conocimientos de las asignaturas para razonar y resolver problemas.

Por otro lado, la metacognición es la habilidad del individuo para tomar conciencia y regular los procesos cognitivos que está empleando en un momento determinado.

- C. Habilidades comunicativas, emocionales y sociales: Se refiere a actitudes, intereses, expectativas, sentimientos y emociones. La capacidad para convivir y comunicarse con los otros. La disposición mental para integrarse en grupos.
- D. Habilidades y Hábitos académicos: Como son la planeación, ejecución y evaluación del trabajo, el uso del tiempo y otros recursos.

## División de Núcleos Temáticos por período:

Al llegar aquí, consideremos que podemos bautizar cada período, y su contenido específico con los pasos implícitos de la Orientación.

MATERIAL SELECCIONADO PARA LA PROPUESTA EN UN TIEMPO ESPECIFICO			
DEFINICION DEL PROBLEMA	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	SOLUCION DEL PROBLEMA	VERIFICACION DE LA SOLUCION
PERIODO N° 1	PERIODO N° 2	PERIODO N° 3	PERIODO N° 4
CONTENIDO N° 1	CONTENIDO N° 2	CONTENIDO N° 3	CONTENIDO N° 4

Una vez llegado a este punto es necesario en cada período, al cual se ha asignado un tema específico, definir los avances deseados en el estudiante en cada una de las categorías:

<b>AVANCE CONCEPTUAL</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temas a tratar</li> <li>• Estrategias metodológicas a utilizar</li> <li>• Ayudas necesarias</li> <li>• Escenario de atención al estudiante</li> </ul>	<b>HABILIDADES COMUNICATIVAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una habilidad a desarrollar a la vez.</li> <li>• Estrategias metodológicas a utilizar</li> <li>• Ayudas necesarias para el desarrollo</li> <li>• Escenario de atención al estudiante</li> </ul>
<b>HABILIDADES COGNITIVAS METACOGNITIVAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una habilidad a desarrollar a la vez.</li> <li>• Estrategias metodológicas a utilizar</li> <li>• Ayudas necesarias para el desarrollo</li> <li>• Escenario de atención al estudiante</li> </ul>	<b>HABITOS ACADEMICO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ayudas necesarias para el desarrollo</li> <li>• Escenario de atención al estudiante</li> <li>• Estrategias metodológicas a utilizar</li> </ul>

## Control Valorativo

Se deben determinar con precisión las actividades, los procesos y los criterios que han de utilizarse para la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación con respecto al avance conceptual, las habilidades de pensamiento, los aspectos socio - afectivos, los hábitos y habilidades académicas

OPORTUNIDADES DE EVALUACION	CATEGORIAS DE APRENDIZAJE			
	AVANCE CONCEPTUAL	HABILIDADES COGNITIVAS Y METACOGNITIVAS	HABILIDADES COMUNICATIVAS	HABITOS ACADEMICOS
AUTOEVALUACION				
COEVALUACION				
HETEROEVALUACION				

## CONCLUSIONES

La metodología aquí expuesta ha sido aplicada durante el desarrollo del sexto semestre de Ingeniería Electrónica de la Universidad Antonio Nariño Sede Cartagena, en el primer semestre de 2001. Para su implementación se tomó el tema de investigación: “El levitador Magnético”, con el fin de implementar la metodología de manera rigurosa, desde la visión holística de tres asignaturas como eran el caso de : Electromagnetismo, Control Automático y Electrónica.

Se encontró que para su aplicación, es indispensable contar con docentes comprometidos en el desarrollo de procesos investigativos a nivel formativo, pues la labor de programación, ejecución y seguimiento requiere de la utilización de un mayor tiempo para lograr resultados de valor científico razonable.

La Evaluación Final, indicó que se obtuvieron productos de alto nivel investigativo, se lograron desarrollar habilidades de pensamiento como la transferencia, la inducción, la deducción, el análisis crítico. Por otro lado se desarrollaron habilidades comunicativas al lograr que los estudiantes prepararan informes científicos, bajo el rigor pertinente para ello, al igual que fuesen capaces de realizar sustentación del proyecto en presencia de un número considerable de miembros de la comunidad académica.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] DIARIO EL TIEMPO, La escuela que se necesita, s.f., Bogotá, s.n.
- [2] CONVENIO INSTITUCIONAL UNAD-CAFAM. Documento de Apoyo Técnico, 1999, Bogotá, P 37-40
- [3] CONVENIO INSTITUCIONAL UNAD-CAFAM. Constructivismo, 1999, Bogotá, P 13-14
- [4] KAMII, Constance, La Autonomía como finalidad de la educación, implicaciones de la Teoría de Piaget, Illionois, s.f. , P 2
- [5] CONVENIO INSTITUCIONAL UNAD-CAFAM. Documento de Apoyo Técnico, síntesis del proyecto de la especialización presentado al ICFES, 1997, Bogotá, P 9
- [6] Ibid.,P 7
- [7] KAMII, Constance, La Autonomía como finalidad de la educación, implicaciones de la Teoría de Piaget, Illionois, s.f. , P 2
- [8] ICFES Educación Superior: Ley 30 de 1992. 1995, Bogotá, P 9
- [9] Ibid.,P 9
- [10] PARDINA.S En TAMAYO TAMAYO Mario, El proceso de la Investigación científica: La ciencia, s.f. México P 32
- [11] LOPEZ JIMÉNEZ, Nelson, Retos para la construcción Curricular. 1996, Bogotá, P 31
- [12] M.E.C. Curso de Actualización Científica y Didáctica de los profesores de Ciencia. En UNAD-CAFAM. Especialización en Pedagogía para el desarrollo del aprendizaje Autónomo: Aprendizaje. 1997, Bogota, P 83-100
- [13] CENTRO DE INVESTIGACION Y EDUCACION POPULAR. Conocimiento de la Vida. En UNAD-CAFAM . Especialización en Pedagogía para el desarrollo del aprendizaje Autónomo: Tutoría y Dinamización del Aprendizaje Autónomo. 1997, Bogotá, P 129-165

# ESCENARIOS FUTUROS PARA LA EDUCACION EN INGENIERIA EN COLOMBIA

**Ricardo A. Smith y Beatriz Londoño**  
Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín

## RESUMEN

Las organizaciones deben apoyarse en métodos y técnicas que les permitan elegir rumbos que las coloquen en posiciones más ventajosas para enfrentar el futuro. Lo cierto es que no existe un futuro único sino futuros posibles y múltiples que se modifican en el tiempo por la variación de muchas circunstancias. El análisis prospectivo y estratégico es una reflexión sobre los futuros posibles que permite orientar la elección ajustada de opciones para la acción, especialmente cuando se requiere incursionar en un nuevo rumbo. Se presentan en este trabajo los resultados de una investigación adelantada en la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, sobre Escenarios Futuros para la Educación en Ingeniería en Colombia, en la que se analizan los factores económicos, sociales, políticos y culturales que intervienen en el proceso formativo de dicha área, teniendo en cuenta el entorno nacional e internacional. Este trabajo sigue un esquema estándar de diseño de escenarios encontrado en la literatura.

## INTRODUCCION

Los escenarios son una herramienta estratégica utilizada de manera sistemática por diferentes instituciones, con las cuales se tratar de entender que puede pasar en el futuro de largo plazo (20 a 50 años). Ellos permiten considerar las incertidumbres de largo plazo cuando se diseña una estrategia o se desarrolla un plan, útiles especialmente en ambientes que cambian rápidamente o muy novedosos. Los escenarios representan una serie de futuros posibles contra los cuales se pueden probar las estrategias de una organización, buscando, por ejemplo, estrategias robustas que se comporten adecuadamente en todos los escenarios, o estrategias adecuadas para ciertos escenarios. Los escenarios por si solos no diseñan estrategias o responden preguntas, pero si ayudan a responderlas considerando las incertidumbres de largo plazo representadas por los futuros posibles consignados en ellos.

En este trabajo solo se desarrollaron los escenarios para la educación en ingeniería, como soporte al trabajo estratégico de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. El desarrollo de estrategias educativas específicas y la revisión del Plan de Desarrollo de la Facultad de Minas, con base en los escenarios, es un trabajo se hará posteriormente al diseño de los escenarios.

Los escenarios son utilizados en algunas de sus formas desde principios de la década de los años 60. Tal vez la empresa más famosa por su uso y que más ha contribuido al desarrollo de la herramienta

es Royal Dutch Shell. Los libros más conocidos sobre escenarios han sido escritos por ex -funcionarios de Shell, y la metodología actualmente aceptada como estándar para el diseño de escenarios ha sido propuesta por ellos. Esta herramienta le permitió a Shell reconocer importantes cambios en el futuro antes de que ocurrieran. Aunque la temporalidad y la cuantificación de estos eventos o tendencias no siempre fueron correctas, los escenarios a menudo fueron bastante claros sobre los resultados e implicaciones de esos cambios o tendencias.

Los escenarios de educación en ingeniería pretenden definir un conjunto de futuros posibles para la educación en ingeniería en el país, teniendo en cuenta el entorno nacional e internacional y analizando factores económicos, sociales, políticos y culturales, de tal manera que se genere una amplia discusión sobre como debería la Facultad de Minas en particular, y la Universidad Nacional de Colombia en general, enfrentar desde el punto de vista estratégico cada uno de esos posibles futuros. El objetivo es identificar los principales eventos o tendencias que podrían afectar la educación en ingeniería y describir sus posibles consecuencias. Lo importante aquí es la identificación de los cambios y tendencias y los resultados e implicaciones de ellas. Los escenarios se presentan como historias que tratan de construir memorias del futuro. Historias que deben ser consistentes, posibles y relevantes.

El proceso que se siguió en la construcción de los escenarios involucró un amplio número de personas, algunas vinculadas al sector educativo universitario y otras al sector productivo. Se trató no solo de que hubiera una amplia representatividad en el ejercicio académico y profesional, sino además de involucrar personas con visión futurista, dispuestas a cuestionar el pensamiento tradicional.

## **METODOLOGIA**

La metodología del proyecto para el diseño y construcción de los escenarios corresponde en términos generales a aquella metodología estándar propuesta en la literatura, con adaptaciones específicas al proyecto. Las fases de desarrollo del proyecto fueron:

- Entrevistas a algunos actores para identificar los asuntos relevantes.
- Taller 1: Identificación de asuntos importantes.
- Taller 2: Identificación de fuerzas jalonadoras y clasificación según importancia e incertidumbre.
- Taller 3: Selección de la lógica de los escenarios. Definición de los ejes a lo largo de los cuales se diferencian los escenarios.
- Escritura de los escenarios.
- Análisis de consistencia y evaluación de los escenarios.
- Discusión general de los escenarios propuestos.
- Diseño de estrategias.

La consecución inicial de información, se desarrolló a través de la realización de aproximadamente 30 entrevistas con una serie de actores del sector educativo y productivo de la región y el país. Por medio de estas se buscó determinar el mayor número de las posibles tendencias futuras. Se identificaron alrededor de 120 asuntos.

Con el primer taller, que contó con la participación de aproximadamente unas 30 personas, se buscó la apertura mental, o la generación de confusión/ideas, romper con los esquemas convencionales de pensamiento a través de conferencias innovadoras e inspiradoras. Los resultados de las entrevistas fueron parte del material analizado en este taller.

El segundo taller de trabajo buscó “organizar” las fuerzas o tendencias importantes identificadas en el primer taller clasificándolas según su importancia e incertidumbre. Esta clasificación fue realizada por el equipo de trabajo del proyecto en un taller de trabajo, teniendo como base los resultados del primer taller. El resultado de este taller son una serie de tendencias importantes ciertas, y otras inciertas. Este resultado es fundamental para el desarrollo de los guiones.

El tercer taller consistió en la determinación de la lógica del guión. Para lograr este objetivo se usaron herramientas diseñadas para sintetizar la interrelación entre las fuerzas o tendencias importantes, mediante el uso de matrices causa - efecto, y su interpretación gráfica en diagramas de relaciones causales. A través de estas herramientas se logra organizar y detectar una “lógica subyacente” en las relaciones causales, que permite identificar dos ejes a lo largo de los cuales se puedan desarrollar los guiones. La combinación de estos ejes genera cuatro cuadrantes, que sería el número máximo de escenarios. El resultado de esta fase es el esqueleto básico de los guiones.

El taller de escritura se desarrollará como una adaptación de la metodología al caso colombiano. En el se trabajarán los aspectos de posibilidad, credibilidad, innovación, de cada uno de los guiones. El resultado será la primera versión de los guiones.

## ASUNTOS CIERTOS E INCIERTOS

Después de la realización del primer taller del proyecto “Escenarios Futuros para la Educación en Ingeniería” se logró llegar a clasificar los asuntos asociados con la educación en ingeniería según su nivel de importancia y de incertidumbre. Esta clasificación fue realizada por el equipo de trabajo del proyecto en un taller específico (segundo taller) para luego ponerla en consideración de los participantes al inicio del tercer taller.

La clasificación en importante o poco importante esta asociado al impacto que tendrá el asunto en discusión sobre la educación en ingeniería. Si se piensa o se cree que tiene mucho impacto será clasificado como importante, de lo contrario será poco importante. La clasificación en cierto e incierto esta asociado con respecto a su ocurrencia en el futuro. Si se piensa o se cree que el asunto en discusión ocurrirá en el futuro sin importar cual sea el escenario o futuro que se presente será clasificado como cierto, de lo contrario será un asunto incierto (ocurrirá solo en algunos casos, en algunos futuros). Usando estos conceptos de importancia y certidumbre se realizó la clasificación de los diferentes asuntos. De esta manera se llegó a la siguiente clasificación:

**Asuntos Poco Importantes y Ciertos.** Son los asuntos que se consideran tienen poco impacto sobre la educación en ingeniería y que se presentarán en todos los futuros considerados. Estos asuntos son los siguientes:

1. El perfil del aspirante que ingresa a la Universidad
2. La perspectiva de Género

**Asuntos Poco Importantes e Inciertos.** Son los asuntos que se consideran tienen poco impacto sobre la educación en ingeniería y que solo ocurrirán en algunos de los futuros considerados, si se dan ciertas condiciones específicas.

1. La apertura económica del país
2. La situación de conflicto en que vive el país
3. La necesidad de focalizarse en ciertas áreas de desarrollo
4. La formación de profesionales creadores de empresas

**Asuntos Importantes y Ciertos.** Son los asuntos que se consideran tienen un impacto muy importante sobre la educación en ingeniería y que ocurrirán con certeza en el futuro, sin importar cuales son esos futuros.

1. La selección y evaluación de docentes
2. El proceso de globalización
3. La pedagogía
4. Los procesos de acreditación y normalización
5. El pensamiento complejo
6. La formación para el trabajo interdisciplinario
7. La responsabilidad social (ética y valores)

**Asuntos Importantes e Inciertos.** Son los asuntos que se consideran tienen un impacto muy importante sobre la educación en ingeniería y que ocurrirán en algunos de los futuros considerados, si se dan ciertas condiciones específicas.

1. La estructura curricular
2. La investigación
3. El tratamiento de asuntos transversales en el currículo (formación ética, ambiental, otros)
4. El modelo pedagógico
5. La política educativa
6. La relación Universidad – Industria
7. La formación flexible
8. Las relaciones interinstitucionales
9. La Relación ingeniería – tecnología – tecnólogo
10. La formación en competencias

## **LOS EJES DE LOS ESCENARIOS**

En el tercer taller se determinaron finalmente los ejes de los escenarios que definen la estructura de los futuros posibles. En este taller se utilizó la siguiente metodología:

1. Discusión de los asuntos ciertos e inciertos.

2. Matriz y diagrama de impactos cruzados por grupos
3. Matriz y diagrama de impactos cruzados definitiva
4. Selección de los asuntos más importantes y discusión sobre su certidumbre
5. Definición de los ejes de los escenarios
6. Discusión inicial de los guiones

Inicialmente se sometió a discusión de los participantes en el tercer taller los resultados del segundo taller: los asuntos importantes clasificados en ciertos e inciertos. Esto generó una gran discusión en el grupo sin llegarse a algún consenso. Finalmente se propuso jerarquizar los asuntos más importantes, sin consideraciones de certidumbre. Después de una intensa discusión, y de agrupar algunos temas, se seleccionaron trece asuntos, a saber:

1. La investigación
2. La política educativa
3. La formación de profesionales creadores, innovadores y emprendedores
4. La selección y evaluación de docentes (perfil del docente)
5. El proceso de globalización
6. La pedagogía, el modelo pedagógico
7. El pensamiento complejo
8. La formación para el trabajo interdisciplinario
9. La necesidad de focalizarse en ciertas áreas de desarrollo
10. Responsabilidad social
11. Relación Universidad – Industria, relaciones interinstitucionales
12. Estructura curricular (modalidades)
13. Acreditación, normatividades (ambientales, técnicas, otras)

Estos trece asuntos fueron analizados utilizando matrices y diagramas de impactos cruzados para definir las fuerzas más influyentes y las más dependientes. La matriz de impactos cruzados es una matriz de impactos contra impactos. Las filas y las columnas de esta matriz representan los trece asuntos anteriores. Los valores dentro de la matriz indican qué tanto la fila influye sobre la columna o qué tanto la columna depende de la fila. La sumatoria de los valores en una fila indican qué tan influyente es el asunto o tema representado por esa fila. La sumatoria de los valores en una columna indican que tan dependiente es el asunto o tema representado por esa columna. Los diagramas de impactos cruzados se construyen a partir de la matriz de impactos cruzados. Es un gráfico en donde el eje horizontal representa que tan dependiente es un asunto y el eje vertical que tan influyente es el mismo asunto. En el gráfico se indican igualmente los valores medios para dependencia e influencia. Los asuntos que caen en el cuadrante superior izquierdo del cruce de las medias influyen mucho y dependen poco son los asuntos independientes. Los asuntos que caen en el cuadrante superior derecho del cruce de las medias influyen mucho y dependen mucho, son los asuntos que establecen nexos. Los asuntos que caen en el cuadrante inferior izquierdo del cruce de las medias influyen poco y dependen poco, son los asuntos autónomos. Los asuntos que caen en el cuadrante inferior derecho con respecto al cruce de las medias dependen mucho e influyen poco, son los asuntos dependientes. Como se trata de cuantificar los asuntos más importantes estos están ubicados en la parte superior del cruce de las medias.

De este análisis fueron escogidos los asuntos ubicados en la parte superior del diagrama de impactos cruzados. Estos asuntos fueron los siguientes:

1. La investigación
2. La política educativa
3. El proceso de globalización
4. El pensamiento complejo
5. La formación para el trabajo interdisciplinario
6. Perfil del docente

Con base en un análisis de certidumbre de estos últimos seis asuntos se concluyó finalmente que los ejes de los escenarios para la educación en ingeniería serían aquellos asuntos inciertos. Después de una decisión en el grupo se acordó que de esos seis asuntos solo la investigación y la política educativa eran asuntos inciertos. La globalización, el pensamiento complejo, el trabajo interdisciplinario y el perfil docente se consideraron como asuntos ciertos. Los ejes de los escenarios están entonces definidos por: La Investigación y La Política Educativa

Estos ejes definen cuatro escenarios futuros, y representan la base para la escritura de los guiones de los escenarios. Una vez identificados los escenarios es necesario caracterizarlos, es decir, determinar cuales son sus características fundamentales. Se debe recordar que los escenarios deben ser: internamente consistentes, posibles en el sentido de que pueden ocurrir, creíbles (pueden ser explicados), relevantes y retadores. Estas cualidades de los escenarios deben reflejarse en sus características (consecuencias, actores y fuerzas jalonadoras). El proyecto se encuentra en este momento en la escritura de los guiones de cada escenario.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Breslow L., 2000. Educational innovation moving ahead at full speed. Resources in our Library, Vol XIII, No. 1, September 2000.

Duderstadt J.J., 1999. New roles for the 21<sup>st</sup> century university. Issues in Science and Technology Online, The Future of Higher Education.

Jacobson I.D., .Criterios 2000. Un nuevo enfoque de la educación en Ingeniería.

National Science Foundation, 2000. New Century Scholars. 2000 Workshop Summary, Stanford University, Summer 2000.

Newland D.E., 2000. Priorities for Engineering Education. CEE New Millennium Colloquium, Boston, Massachusetts, March 20-21, 2000.

Rugarcia A., R. M. Felder, D. R. Woods y J. E. Stice, 2000. The future of engineering education, Part 1. A Vision for a New Century.

Villaveces J.L., 2000. Sobre el Doctorado en Ingeniería de Antioquia. Seminario Nacional de Ingeniería e Innovación. Medellín, diciembre 6, 2000.

# IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICA EMPRESARIAL COMO OPCIÓN AL TÍTULO PROFESIONAL

**Ing. Franco Alexis Moncayo Castillo**  
**Facultad de Ingeniería - Corporación Universitaria Lasallista**

La Facultad de Ingeniería en su programa Ingeniería de Alimentos implementó, a partir del primer semestre de 1998, la Práctica Empresarial como una segunda modalidad para optar al título profesional, siendo la primera en su historial el Trabajo de Grado. Tal determinación fue tomada luego de un diagnóstico, con empresarios e instituciones de educación superior de la ciudad de Medellín, cuyos elementos de análisis fueron las apreciaciones que cada uno de estos protagonistas tenía sobre las prácticas estudiantiles de los programas de pregrado.

Como conclusión relevante del diagnóstico se encontró: apatía de las empresas hacia esta metodología de enseñanza aprendizaje, según razones de falta de eficiencia en la consecución de resultados y poco o nulo acompañamiento de las instituciones universitarias.

Bajo este panorama, la Facultad de Ingeniería lanzó al medio una propuesta diferente, con una estructura compuesta por documentos de presentación, vinculación, seguimiento, evaluación y retroalimentación de los practicantes y del proceso de práctica, al igual que un acompañamiento permanente y asesoría metodológica y, como aspecto de más impacto, el trabajar bajo la filosofía de proyectos que apunten al logro de objetivos pactados entre el estudiante, la empresa y la universidad.

La Práctica Empresarial inició con tres estudiantes en el primer semestre de 1998, durante el segundo ascendió a siete; en el primer semestre de 1999 fueron 17 practicantes. Finalizado este semestre se evaluó el proceso con los estudiantes y empresarios, llegando a la conclusión que los practicantes necesitaban de un acompañamiento técnico que permitiera con eficiencia desarrollar los proyectos planteados. Por lo anterior, la Corporación Universitaria Lasallista estableció como estrategia de mejoramiento la figura de Asesores Técnicos de Prácticas con el objetivo de acompañar técnicamente al estudiante según el tipo de proyecto a desarrollar en la empresa.

En el segundo semestre de 1999 se implementó esta estrategia, junto con charlas de retroalimentación entre practicantes salientes y entrantes, donde a manera de foro, presentan las experiencias positivas

y negativas, dando una visión amplia y de valor incalculable para los que iniciaban el proceso. Durante ese semestre se contó con 10 practicantes.

En el primer y segundo semestre de 2000 se contó con 19 y 22 practicantes respectivamente; en el primer semestre de 2001 se vincularon 23 estudiantes a la práctica y para el semestre en curso se tienen 17 practicantes.

Lo anterior demuestra que la meta trazada por la Facultad de Ingeniería se está alcanzando, puesto que ya somos reconocidos en el medio y el posicionamiento adquirido entre los oferentes de prácticas profesionales es tal que nos hemos ubicado al nivel de otras instituciones de educación superior con mucha experiencia y trayectoria en el tema expuesto.

Los logros más significativos del proceso destacamos:

- La credibilidad en el medio empresarial e institucional
- La capacidad de interacción que han adquirido nuestros estudiantes con los Asesores Técnicos expertos en otras disciplinas
- La retroalimentación inmediata que empresarios emiten para el mejoramiento integral del proceso de formación bajo esta metodología y paralelamente a ello la continua evaluación del programa de Ingeniería de Alimentos que responda a las exigencias de calidad
- El acercamiento y vinculación de nuestros egresados al proceso, ya que son ellos, en mayor porcentaje, quienes sirven como Asesores Técnicos
- Fortalecimiento de nuestro programa por la retroalimentación que existe entre los Asesores Técnicos de las Prácticas Empresariales y las personas que tienen a su cargo el rumbo del programa de Ingeniería de Alimentos de dicha facultad

## **MODALIDADES PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL**

El programa Ingeniería de Alimentos desde su inicio hasta finales de 1997 tenía en su plan de estudios como única opción al título la realización de un Trabajo de Grado, como parte de lo que en el mundo de la educación superior se conoce como Investigación Formativa. Ésta se compone básicamente de dos segmentos, el primero es la fase de formulación de proyectos de investigación, con los lineamientos propios de la metodología de la investigación, y el segundo corresponde a la fase de desarrollo o trabajo de campo y la presentación final de los resultados y conclusiones de la investigación.

Durante años anteriores a 1997, se habían presentado diferentes solicitudes de los estudiantes y egresados del programa para que se diversificaran las opciones al título, principalmente la oportunidad de hacer semestres de industria o prácticas profesionales en el sector empresarial. Motivados por esta necesidad sentida, el Decano de la Facultad de Ingeniería de entonces, junto con el Comité Curricular y el Comité de Trabajo de Grado, lideró un proyecto de formulación de la Práctica Empresarial como opción al título profesional.

El plan de trabajo contempló dos elementos fundamentales: el primero, tenía como meta la realización de un diagnóstico de la situación de las prácticas profesionales en las instituciones de

educación superior de la ciudad de Medellín, identificando elementos de presentación de propuestas, formas de vinculación de los practicantes, metodologías de trabajo, períodos de tiempo en práctica, acompañamiento institucional, entre otros. El segundo se centró en el sector empresarial, indagando las percepciones que se tenían sobre los semestres de industria o práctica que ofrecían las instituciones universitarias; los cuestionamientos de mayor importancia fueron: el grado de satisfacción logrado a través de los trabajos que realizan los practicantes, pertinencia del tiempo de práctica, el soporte y acompañamiento institucional para con los estudiantes, la pertinencia de los modelos de evaluación, entre otros.

Finalizadas estas etapas, se realizó un procesamiento y análisis de la información, lo cual permitió diseñar una propuesta estructural del Programa de Práctica Empresarial de la Facultad de Ingeniería. El programa contempla:

- **Justificación y definición**
- **Objetivos generales y específicos**
- **Administración de la Práctica Empresarial**
  - Comité de Práctica Empresarial
  - Jefe del Programa de Práctica Empresarial
  - Coordinador de práctica
  - Asesores de práctica
  - Registro del trabajo de práctica
- **Reglamento de la Práctica Empresarial**
  - Ubicación de los alumnos
  - Condición académica de los alumnos en práctica
  - Condición laboral de los estudiantes en práctica
  - Derechos de los alumnos durante su semestre de práctica
  - Obligaciones de los alumnos practicantes con el Programa de Práctica Empresarial
  - Evaluación del período de práctica
  - Sanciones a los alumnos en período de práctica
- **Evaluación del semestre de Práctica Empresarial**
  - Objetivos
  - Informes de avance de la Práctica Empresarial
  - Evaluación por parte del jefe inmediato o asesor en la empresa
  - Informe final de práctica
  - Exposición de la Práctica Empresarial
  - Evaluación por parte del coordinador asignado por el comité

Lo anterior, se soporta en documentos de información y formatos. Así:

**Instructivo para el estudiante**

**Carta de presentación del programa Práctica Empresarial a las empresas (síntesis)**

**Presentación a las empresas del programa Práctica Empresarial (ampliado)**

**Formatos para:**                    **Solicitud de estudiantes para período de práctica**  
   **Reporte de vinculación**

Registro de tema de Práctica Empresarial  
Evaluación de desempeño durante el semestre de Práctica Empresarial por parte del jefe inmediato o asesor en la empresa  
Evaluación de la exposición de la Práctica Empresarial por el Comité de Práctica de la Facultad de Ingeniería  
Evaluación de desempeño durante el semestre de Práctica Empresarial por parte del coordinador asignado por el comité  
Notas definitivas para el semestre de Práctica Empresarial

Lo fundamental de esta estructura es que gira en torno a un proyecto de investigación aplicada, sin la rigurosidad de los Trabajos de Grado, que apunta a solucionar un problema o una necesidad de la empresa a la cual se vincula el practicante. Esto se convirtió, para la Facultad de Ingeniería, en un elemento que diferencia nuestra oferta frente a las otras instituciones de la ciudad de Medellín, pues permite, desde el inicio, establecer las metas proyectadas por el estudiante y la empresa con interacción de la universidad, auditar el desarrollo y finalización del semestre de práctica, trayendo consigo indicadores de gestión que permiten, de manera versátil, dirigir, dar seguimiento y evaluar el desempeño del practicante.

## **EVOLUCIÓN DEL PROGRAMA DE PRÁCTICA EMPRESARIAL**

Conformada la propuesta del Programa de Práctica Empresarial, la Ingeniera de Alimentos Luz María Alzate Tamayo como Jefe del Programa, y el Ingeniero de Alimentos Franco Alexis Moncayo Castillo, como Coordinador Trabajo de Grado y Práctica, impulsaron la propuesta en el sector empresarial de manera personalizada a través de contactos directos vía telefónica y visitas, cuyo resultado fue la incursión durante el primer semestre de 1998 con tres practicantes.

Durante este primer semestre se realizó una campaña de difusión de la Práctica Empresarial dentro del grupo de estudiantes adscritos al programa de Ingeniería de Alimentos, dando como resultado mayor número de aspirantes para el segundo semestre de ese año. Fue así como para este período el número de practicantes pasó a siete. El buen desempeño de los practicantes y su entusiasmo, motivaron a los estudiantes a elegir esta opción al título; esto se reflejó en el aumento de practicantes para el primer semestre de 1999, cifra que ascendió a 17.

En el transcurso de los tres períodos de práctica se realizó frecuentemente un seguimiento al Programa de Práctica Empresarial mediante retroalimentación con los estudiantes y empresarios; como resultado de lo anterior, se encontró que se llenaban las expectativas de ambos frentes, pero que se tenía una necesidad para lograr mejores resultados de los proyectos y mayor desempeño de los estudiantes, siendo ésta, el acompañamiento por parte de una persona que posee conocimientos sobre el tema que se aborda en cada práctica. En reuniones, tanto del Comité Curricular de la Facultad de Ingeniería, como en el Comité de Investigación de la Corporación, se analizó este aspecto, llegando a la conclusión de implementar en el programa un acompañamiento, adicional al metodológico, que se centrara fundamentalmente en brindar asesoría técnica a los practicantes, para lo cual se creó la figura de Asesores Técnicos de Práctica.

Los Asesores Técnicos se definen como las personas nombradas por el Comité de Trabajo de Grado y Práctica para que sirvan como apoyo en la dirección y orientación del estudiante durante el desarrollo de las prácticas, y no un profesional al servicio de la empresa. Para lo cual se suscribe un contrato entre la Corporación y el asesor por un número de 24 horas en el período de práctica a valor cercano a la hora cátedra docente. La implementación de esta estrategia se realizó a partir del segundo semestre de 1999, encontrando gran aceptación entre los empresarios y estudiantes. Paralelamente a esto, se efectuaron charlas de retroalimentación entre los practicantes salientes y los entrantes, asistiendo los estudiantes aspirantes, para que a manera de foro, se generara la presentación de las experiencias positivas y negativas durante el proceso, ofreciendo una visión amplia y de valor incalculable para los que inician su práctica. Durante ese semestre se contó con un número de 10 estudiantes vinculados a semestre de práctica.

De acuerdo con los procesos de autoevaluación que adelanta la Facultad de Ingeniería se revisó el Programa de Práctica Empresarial para redefinir aspectos como la forma de los documentos, la incorporación de instrumentos de evaluación de asesores metodológicos y técnicos, canalizar la retroalimentación que las empresas hacen al programa mediante cartas que sirven como documentos de evidencia de evaluación.

En el primer semestre de 2000 se contó con 19 practicantes; para el segundo semestre de este mismo año el número pasó a 22. En el primer semestre de 2001 se vincularon 23 estudiantes a la práctica y para el semestre en curso se tienen 17 practicantes.

La estructura actual del Programa de Práctica Empresarial no difiere en gran magnitud del programa original, puesto que las modificaciones de forma aprobadas por el Comité de Trabajo de Grado y Práctica, propuestas del Coordinador Trabajo de Grado y Práctica (responsable del Programa de Práctica Empresarial al desaparecer la figura de Jefe de Prácticas), han sido focalizadas para estandarizar terminología, unificar criterios, actualizar reglamentaciones, incorporar o eliminar algunos elementos y llevar la forma a documentos de carácter institucional.

A continuación, en la tabla 1, se muestra el comportamiento de las Prácticas Empresariales frente a la modalidad de Trabajo de Grado desde el año 1998 hasta el año 2001.

**Tabla 1. Comportamiento de Trabajos de Grado vs. Prácticas Empresariales**

Semestre año	Trabajo de Grado		Práctica Empresarial		%		%	
	# Trabajos	# Personas	# Trabajos	# Personas	T. de G.	P. E.	T. de G.	P. E.
1 <sup>er</sup> Sem./98	25	39	3	3	89.3	10.7	92.9	7.1
2 <sup>do</sup> Sem./98	20	32	6	7	76.9	23.1	82.1	17.9
1 <sup>er</sup> Sem./99	11	15	15	17	42.3	57.7	46.9	53.1
2 <sup>do</sup> Sem./99	13	26	10	10	56.5	43.5	72.2	27.8
1 <sup>er</sup> Sem./00	9	13	19	19	32.1	67.9	40.6	59.4
2 <sup>do</sup> Sem./00	3	5	22	22	12.0	88.0	18.5	81.5
1 <sup>er</sup> Sem./01	2	4	22	23	8.3	91.7	14.8	85.2
2 <sup>do</sup> Sem./01	1	1	17	17	5.6	94.4	5.6	94.4

Al observar los objetivos generales trazados en el Programa de Práctica Empresarial: **Contribuir** en la formación profesional del estudiante mediante la realización de una Práctica Empresarial que le permita el fortalecimiento de los conocimientos teórico - prácticos adquiridos, **Propiciar** la integración empresa - universidad, mediante el desarrollo de proyectos específicos que aporten beneficios para la empresa y que estén relacionados con el ejercicio de la Ingeniería de Alimentos y de igual forma uno de los objetivos específicos: **Promover** al interior de las empresas la posibilidad de que un estudiante se cualifique y en un futuro pueda ser parte de ellas como profesional, se pone en evidencia que se ha cumplido lo la tarea emprendida, siendo un indicador de esta gestión el número de practicantes que han quedado vinculados directamente en las empresas al finalizar el período de práctica (tabla 2).

**Tabla 2. Vinculación laboral al final del período de práctica**

<b>Período</b>	1 <sup>er</sup> Sem./98	2 <sup>do</sup> Sem./98	1 <sup>er</sup> Sem./99	2 <sup>do</sup> Sem./99
<b># de vinculados</b>	0	1	3	2
<b>Período</b>	1 <sup>er</sup> Sem./00	2 <sup>do</sup> Sem./00	1 <sup>er</sup> Sem./01	2 <sup>do</sup> Sem./01
<b># de vinculados</b>	9	5	9	No aplica

Obteniendo el porcentaje consolidado de vinculación (dividir el número de vinculados entre el número de practicantes, excepto el 02/2001), se tiene que el 28,7% han logrado acceder a un nuevo puesto de trabajo en la industria.

Este reporte de vinculación es alentador, pero deteniéndose a observar, en la tabla 1, el comportamiento porcentual del Trabajo de Grado frente a la Práctica Empresarial, indica un descenso acelerado, fenómeno que alertó a las directivas de la Facultad de Ingeniería demandando un análisis de la causas de inapetencia por esta modalidad. A la fecha será tarea de la Coordinación, del Comité de Trabajo de Grado y Práctica y del Comité Curricular, emprender una investigación explorativa y explicativa que identifique las relaciones causa - efecto del problema. ¿Por qué decir que es problema?... Para la facultad es un problema, pues una fortaleza que se tenía pasó a ser una debilidad (Trabajo de Grado) y una oportunidad se convirtió en una fortaleza (Práctica Empresarial), pero esto a extremo no era lo esperado, lo ideal para la retroalimentación, actualización y avance en el currículo del programa de Ingeniería de Alimentos es un equilibrio en demanda de estas dos opciones al título profesional.

Haciendo una aproximación a estas causas se encuentran la atracción que sienten los estudiantes por aprender desde la práctica, es decir, estar ya en la realidad empresarial, afrontar los retos que imparte este tipo de experiencias, aprender principalmente por el proceso de inducción - deducción y no mediante el análisis y la síntesis, evadir el trabajo estricto de la metodología de la investigación en todas sus fases, por la mitificación de la investigación y por no contar con una estructura curricular fundamentada en enseñar - aprender investigando.

# LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS VERDES: UNA ESTRATEGIA DE COMPETITIVIDAD HOY

## El caso del Café Colombiano

*Por: Helga Patricia Bermeo Andrade. Coruniversitaria, Ibagué<sup>1</sup>.*

**Resumen:** El presente artículo analiza el efecto positivo que representa la transferencia de tecnologías limpias para el logro de una mayor productividad y competitividad en el Sector Cafetero en Colombia. La potencial capacidad contaminante en el proceso de beneficio del café ha sido objeto de constante estudio e investigación a través del Centro de Investigaciones del Café - Cenicafé, bajo el auspicio de la Federación Nacional de Cafeteros (Federacafé). De estos estudios, surgió la tecnología *Becolsub* como una alternativa para la prevenir la contaminación y reducir de los consumos de agua en el proceso de beneficio del café. Así, el sector cafetero sigue su estrategia hacia el logro de una caficultura productiva y competitiva internacionalmente, en amplia concordancia con un modelo de desarrollo sostenible y ecoeficiente, que se convierte en un verdadero ejemplo de desarrollo en ingeniería y transferencia tecnológica para el país.

### 1. ANTECEDENTES

El tema de la contaminación ambiental surge como un agente que podría ser causa de sobrecostos o restricciones en los sistemas productivos, dado el creciente interés nacional y mundial por la protección y conservación de los recursos naturales, y la consecuente emisión de políticas y leyes ambientalistas; orientadas a prevenir y controlar la contaminación. Atender esta nueva realidad es urgente para un sector industrial como el Cafetero, que cada vez se ve más amenazado por los impactos ambientales derivados de su labor productiva, las variaciones del mercado internacional y a la crítica situación socioeconómica del país.

#### 1.1 La Competitividad de la industria del café

El sector del café en Colombia a pesar de ser un renglón fuerte en la economía del país y de ser reconocido a nivel mundial por su capacidad de producción y por su calidad en tasa, que lo ubica entre uno de los cafés más suaves del mundo, se enfrenta hoy a una pérdida de competitividad internacional debido, en especial, a sus elevados costos de producción ( estimado sobre los 1.20

---

<sup>1</sup> Bermeo, Helga P. Ingeniera Industrial de Coruniversitaria, Magíster en Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes y Especialista en Gestión de Operaciones y Tecnología, convenio Coruniversitaria – Universidad Católica de Lovaina de Bélgica. Docente-Investigadora de Coruniversitaria. E-mail: [hbermeo@nevado.cui.edu.co](mailto:hbermeo@nevado.cui.edu.co)

US\$/libra de café tipo exportación, frente a un precio de comercialización promedio para este año de 0.80 US\$/libra), los cuales se reflejan principalmente por el costo en la mano de obra (actividades de recolección y control de plagas del cultivo), que constituye cerca del 60% de costo total estimado para todo tipo de caficultura (tradicional o tecnificada). A pesar de esta desventaja, en Colombia este cultivo sigue siendo una opción de dedicación agrícola, gracias a su precio de sustentación interno (mantenido por Federacafé y el Fondo Nacional del Café) y a la bonificación en el precio internacional por su calidad como café suave (0.11 US\$/libra).

En el caso de Colombia, es de reconocer cómo el sector cafetero ha emprendido diversas acciones por intermedio de Federacafé y su centro de investigaciones, Cenicafe, para lograr una mayor productividad y competitividad internacional. Sus esfuerzos no sólo han incluido mejoramientos en los sistemas de producción y cultivo a nivel de fincas, sino también, esfuerzos en investigación y desarrollo de nuevas técnicas o tecnologías que ayuden al productor a lograr menores costos de producción sin deterioro de la calidad de la bebida ni del entorno. También es de resaltar, el esfuerzo diversificador que ha venido desarrollando el sector privado en la oferta de cafés especiales e industrializados y el esfuerzo de Federacafé con las mejoras en la comercialización y mercadeo del Café 100% colombiano a nivel internacional.

A manera de referencia, se puede citar el caso de La Unión de Pequeños y Medianos Productores de Café de México, Centroamérica y el Caribe - *UPROCAFE*, quienes para mejorar la producción y comercialización del grano, han establecido temas prioritarios para la Unión como la producción, comercialización, financiamiento, transferencia de tecnología e integración económica. Particularmente, Costa Rica con su Instituto del Café, ha mantenido una constante investigación para el desarrollo de tecnologías ecológicamente eficientes y competitivas. En la actualidad, se ha propuesto lograr una caficultura sostenible mediante el desarrollo de planes conjuntos de investigación y transferencia de tecnología hacia los cafeteros interesados en producir *café orgánico*.

## 1.2 El factor ambiental en el Café

La industria del café es una de las actividades agrícolas que contribuye al deterioro ambiental de los sistemas acuáticos aledaños a las zonas de cultivo, dado su elevado potencial de contaminación en la labor del beneficio tradicional húmedo del café<sup>2</sup>. Este es un proceso que puede deteriorar un ecosistema acuático, haciendo im potable su agua para el consumo humano e inutilizando las aguas del proceso para posteriores fines industriales. Por ello, el sector cafetero colombiano se ha visto obligado a mantener un constante compromiso con el desarrollo sostenible del país, orientando sus esfuerzos a la minimización de las influencias negativas de su actividad sobre la conservación del ambiente, y a la maximización de las influencias positivas mediante programas de extensión, de investigación y de adopción de tecnologías limpias con base en incentivos para la reconversión<sup>3</sup>.

En Colombia existen diferentes sistemas para afrontar la situación ambiental y las externalidades negativas generadas por la contaminación. Sistemas económicos como los decretos y leyes, y

---

<sup>2</sup> La producción de una arroba (12.5 kg) de café pergamino seco (cps), representa consumir en promedio 500 lts de agua para su proceso y generar una contaminación por subproductos, equivalente a la de 100 personas en un día .

<sup>3</sup> En la industria del café, se estima la necesidad de transformar a cerca de 17.297 beneficios en fincas hasta el año 2001.

sistemas no-económicos como las licencias ambientales y los estudios de impacto ambiental, han sido implementados para la prevención y control de la contaminación (tabla 1). De igual forma, a nivel internacional ya existen acuerdos o sistemas que tienen relación directa con el aspecto ambiental, como los establecidos en la Organización Mundial de Comercio (OMC) para tener en cuenta las preocupaciones ambientales de los 'proveedores'. Ejemplo de ello, es el *etiquetado ecológico* que ha servido de base para el surgimiento de un mercado ecológico y para el aumento de la labor de transferencia de tecnologías limpias y amigables con el medio ambiente.

**Tabla 1. Mecanismos legales en Colombia para el uso y contaminación del agua**

Mecanismo	Propósito
Decreto 901/97	Reglamenta las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas.
Resolución 273/97	Por la cual se fijan las tarifas mínimas para la tasa por vertimientos líquidos para los parámetros de DBO y SST.
Resolución 372/98	Actualiza las tarifas mínimas para tasas retributivas y dispone el ajuste anual con base en el IPC -DANE.

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente

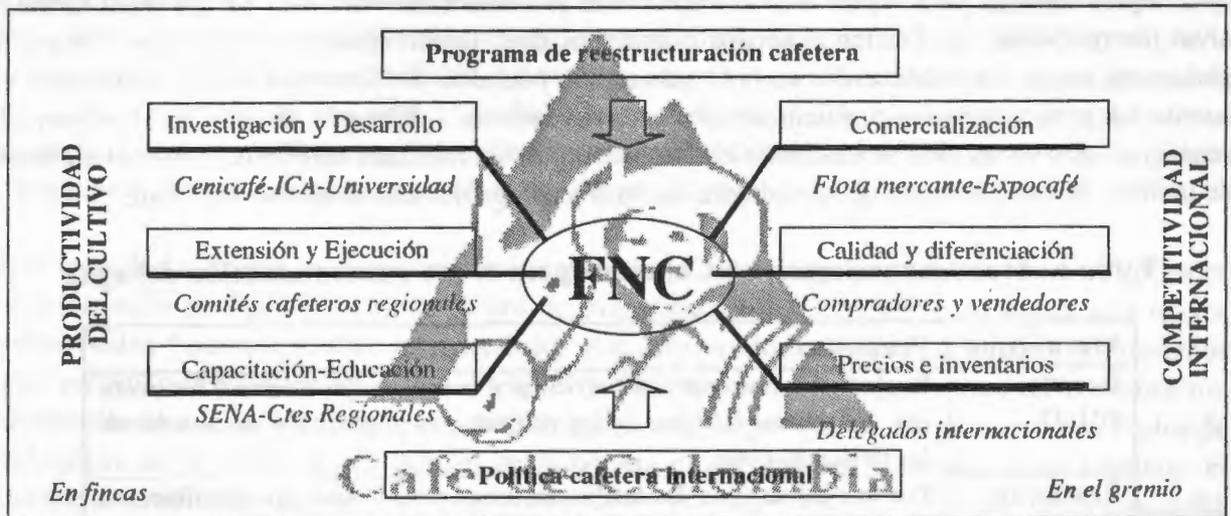
Ante este crítico panorama, reflejado en elevados costos de producción, alto potencial de impacto ambiental, bajos niveles de productividad, inestabilidad de precios (interno y externo), las acciones emprendidas por otros países productores y las variaciones en los hábitos de consumo, sumado a una debilitada Federación de Cafeteros, han originado una mayor exigencia para el sector cafetero colombiano, en la búsqueda de diferenciación frente a sus competidores. Lo anterior confirma el reto de competitividad al que se enfrenta la caficultura colombiana, conformada por poco más de medio millón de propietarios de plantaciones de café; para quienes no asumir este reto, podría poner en riesgo su permanencia en el sector<sup>4</sup>.

## 2. LA ESTRATEGIA DEL SECTOR CAFETERO COLOMBIANO

Es variada y dinámica la estrategia de competencia del Sector Cafetero Colombiano liderada por Federacafé, pues ella no sólo atiende a la necesidad urgente del logro de menores costos de producción en fincas, sino que además, utiliza otras estrategias complementarias -sino contradictorias por implicar algunas mayores costos de producción y/o comercialización-, como innovación tecnológica, diferenciación de producto, ecoeficiencia de proceso, precios competitivos y amplia comercialización. Todo lo anterior, unido a otros esfuerzos, están siendo orientados hacia el logro de una mayor productividad del negocio cafetero al interior del país y a una mayor competitividad del Café Colombiano en los mercados internacionales (figura 1).

<sup>4</sup> Esta realidad no es ajena a sus países competidores, que como en el caso de Costa Rica mediante la *Ley de Aguas* (No. 276/96), reglamentó la labor de beneficio del café, exigiéndole a las estaciones de beneficio de café, la adopción de sistemas de tratamiento de aguas residuales y el manejo adecuado de subproductos en beneficiaderos de café.

**Figura 1. Estrategia del sector cafetero colombiano**



FNC: Federación Nacional de Cafeteros

En el caso de Cenicafé, este es un centro que desde su conformación hacia mediados de los años 30's, mediante el esfuerzo de sus grupos de investigación conformados por ingenieros, agrónomos y químicos, entre otros, y en alianza con otras instituciones académico-investigativas (como el ICA, SENA y la Universidad Nacional sede Manizales), permanentemente ha mantenido a través de sus líneas de investigación una actitud investigativa y de desarrollo de nuevas tecnologías que representen mayor productividad y beneficio para el sector cafetero. En este sentido, algunos de los principales aportes científicos de Cenicafé a la caficultura colombiana han estado orientados a la conservación de suelos, mejoramiento de las densidades de siembra, cambios en las prácticas de cultivo, técnicas para la renovación de cafetales, fertilización, manejo integrado de la broca, desarrollo de nuevas variedades de café<sup>5</sup> y desarrollo de nuevas tecnologías para el beneficio del café.

### 2.1 La transferencia de la tecnología limpia Becolsub

Como un mecanismo para afrontar la amenaza ambiental (por escasez y/o contaminación de fuentes hídricas) y a su vez incrementar la productividad y competitividad de la caficultura colombiana, Cenicafé desarrolló una innovadora tecnología limpia para el beneficio del café, denominada Beneficio Ecológico del Café y de los Subproductos - *Becolsub*, la cual ha sido reconocida internacionalmente por su gran aporte a la conservación del medio ambiente<sup>6</sup>; pues reduce en más de un 90% la contaminación y el consumo de agua requerido durante el proceso tradicional de beneficio (tabla 2).

Como mecanismo utilizado por Federacafé para motivar su adopción por parte de los caficultores, se creó el *Programa de Adopción del Beneficio Ecológico*, que ofrece asesoría y soporte para

<sup>5</sup> El desarrollo en laboratorio de la *Varietad Colombia de café* resistente a la Roya (*Hemileia vastatrix*) ha traído un alto impacto como transferencia tecnológica: el 70% del área cultivada en el país se encuentra con cultivos tecnificados, de los cuales el 27% están con *Varietad Colombia*.

<sup>6</sup> La tecnología Becolsub fué merecedora del Premio Internacional *Planeta Azul* al medioambiente, 1997.

realizar la reconversión de beneficiaderos existentes a ecológicos y para la adquisición y puesta en marcha del módulo *Becolsub* en fincas cafeteras, en un esfuerzo por mejorar: la calidad del grano en pruebas de taza, la productividad del cultivo y la prevención de la contaminación de cuencas hidrográficas en las zonas cafeteras.

**Tabla 2. Becolsub: un modelo de tecnología limpia**

<b>Factores de cambio</b>	<b>Efectos sobre el beneficio del café</b>
Consumos de agua	De 40 a aproximadamente 0.6 litros/kg de cps
Calidad del agua	Recuperada para el consumo humano y animal
Impuestos ambientales	Elimina la posibilidad del pago de multas por contaminación
Recuperación de Subproductos	Conformación de Lombricompuesto para la finca
Instalaciones físicas	Mayor durabilidad y reducción de espacio físico
Pérdidas físicas de café	Se evita pérdidas de peso del orden del 4.5%
Reducción de mano de obra	Reducción de mano de obra en el proceso global
Reducción de insumos	Reducción de insumos en el Beneficio
Cargas contaminantes	Reducción de las cargas contaminantes generadas en el proceso ( DBO5 y SST).

*Fuente: Cenicafé. Beneficio Ecológico del Café. 1999*

### 2.1.1 Facilidades para la transferencia tecnológica

Gracias a los recursos aportados por el Fondo Nacional del Café y el Fondo para la Protección y Recuperación del Medio Ambiente, en el año 2000 se ejecutaron 5.321 proyectos, de los cuales el 69% fueron proyectos de reconversión de beneficiaderos tradicionales a ecológicos y, el 31% a la adquisición de módulos *Becolsub*. Complementario a este programa, se han implementado otras estrategias para incentivar la adopción tecnológica, entre ellas:

- La adecuación del módulo *Becolsub* a las condiciones de producción en las fincas y los diferentes volúmenes de producción anual de pequeños hasta grandes productores de café.
- La publicación de libros, revistas, preparación de conferencias y seminarios, para ofrecer a los caficultores asesoría y divulgación de la tecnología y de su manejo integrado.
- El logro de la certificación internacional de la conservación de la calidad en taza, independientemente del cambio realizado en el proceso del beneficio del café.
- La abierta intención de Federacafé de ofrecer ventajas o preferencias en la comercialización del grano de calidad que provenga de fincas con procesos amigables con el medio ambiente.
- La asistencia técnica permanente ofrecida a través de los Comités de Cafeteros Regionales, y el desarrollo de otros programas ambientales complementarios a la tecnología *Becolsub*.
- La divulgación de testimonios de productores de café, que han logrado posicionar su producto en mercados internacionales, por ser éstos, amigables con el medio ambiente.
- La constante investigación al servicio de los cafeteros producto de la retroalimentación del desempeño de la tecnología en condiciones de finca.

## 2.1.2 Limitaciones para la transferencia tecnológica

Diferentes estudios (Bohórquez, 2001, Bermeo, 1998) concuerdan en que las barreras para la adopción y transferencia tecnológica en el caso del sector cafetero, son entre otras, el bajo nivel de escolaridad de los caficultores, las particularidades geográficas de la zona cafetera, los arraigos culturales, las tradiciones en el cultivo, los limitados recursos de financiación, la incertidumbre económica del sector y, finalmente, los deficientes sistemas de difusión de tecnologías, han limitado la percepción de los efectos positivos que se promueven con la adopción de *Becolsub* a nivel de fincas, tales como mayor rendimiento, productividad y rentabilidad del cultivo.

## 3. CONCLUSIONES

La transferencia de tecnologías limpias esta siendo favorable para el sector cafetero, como lo prueban los resultados de *Becolsub* para los cafeteros adoptantes, para quienes les ha representado luego de una apropiada adaptación de campo, mejoras en la calidad del producto final, reducción de la contaminación, aumento de la productividad laboral y un mayor posicionamiento del producto para la competitividad internacional. De esta realidad se ha derivado también una nueva oportunidad para el Sector Cafetero, quien ahora cuenta con una ventaja 'creada' en el aspecto ambiental, lo que le abre entre otras, la posibilidad de producir y comercializar *café orgánico* orientado a los *mercados verdes*. Lo anterior será clave para mantener la estrategia de diferenciación del café colombiano, apoyada con una mayor productividad del negocio y una mayor competitividad internacional.

## 4. BIBLIOGRAFÍA RELEVANTE CONSULTADA

1. Asesores del Gobierno en Asuntos Cafeteros, El beneficio ecológico y la sostenibilidad de la caficultura, 1998, Bogotá.
2. CENICAFÉ, Avances Técnicos: Manejo del agua en el proceso de beneficio húmedo del café para el control de la contaminación No. 187, 1993, Chinchina.
3. BERMEO, Helga P., Efecto de tasas retributivas sobre la rentabilidad y productividad del negocio cafetero, Tesis de Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes, 1998, Bogotá.
4. BOHÓRQUEZ, Víctor, Estudio de la adopción de la tecnología de Beneficio Ecológico en la zona cafetera de Viotá Cundinamarca, Tesis de Maestría en Desarrollo Rural, Universidad Pontificia Javeriana, 2001, Bogotá.
5. Federación Nacional de Cafeteros – Federacafé. Informe del Gerente General, LIX Congreso Nacional de Cafeteros, 2000, Diciembre.
6. OMC. Simposio sobre comercio, medio ambiente y desarrollo sostenible. En: <http://www.wto.org>.
7. QUIROS, Luis Z. Panel de Caficultura sostenible, en: XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura, Instituto del café de Costa Rica, 1999, San José.
8. ROA, Gonzalo y otros, Beneficio Ecológico del Café. Centro Nacional de Investigaciones del Café - Cenicafé y La Federación Nacional de Cafeteros – Federacafé, 1999, Bogotá.

# **ENSEÑANZA DE LA SISMOLOGÍA A GRAN ESCALA MÓDULO INTERACTIVO EN MALOKA**

**Claudia Tamayo Iannini, Juan Felipe Jaramillo Alvarez, Gina Liliana González Sánchez**  
**Diseño Industrial**  
**Pontificia Universidad Javeriana**

**Alfaro Castillo Andrés José**  
**Instituto Geofísico Universidad Javeriana**  
**Trv. 4 # 42-00. Tel. (571)3208320 ext. 4731**  
**Bogotá – Colombia**  
**E-Mail: alfaro@Javeriana.edu.co**

## **RESUMEN**

Colombia, ubicada en el noroccidente de Suramérica, presenta niveles importantes de amenaza sísmica, con fuentes sismogénicas de tipo volcánico, sistemas de fallas y la subducción en la costa Pacífica. Considerando la complejidad de los terrenos ocupados por el país, en cuanto a sus condiciones topográficas, geológicas y geotécnicas, los eventos sísmicos son una amenaza natural evidente. A estos hechos se suman los altos niveles de vulnerabilidad de las estructuras, con lo que se pueden generar escenarios de daño dantescos.

El Instituto Geofísico de la Universidad Javeriana, fundado en 1941, ha centrado su labor en la investigación y la docencia; llevando a cabo estudios de evaluación de amenaza sísmica local en las ciudades de Pasto, Tunja, Barrancabermeja, Villavicencio, Ibagué y Neiva; adelantando también investigaciones en caracterización de sismos colombianos y técnicas para mejorar procesamiento de las señales sísmicas. Conscientes de la necesidad y la importancia de que el ciudadano común posea los conocimientos básicos sobre sismología, prevención y acciones a seguir en caso de presentarse un evento sísmico, la Universidad Javeriana y la Corporación Mixta Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología Maloka crearon un convenio interinstitucional para el diseño y construcción de un módulo interactivo enfocado en la enseñanza de la sismología básica.

Con este módulo interactivo denominado “Planeta Tierra” los visitantes tienen la posibilidad de observar la sismicidad permanente en el ámbito regional y mundial mediante sensores de corto y largo periodo y computadores conectados a la Internet. En el aspecto lúdico se cuenta con un espacio en el cual los visitantes, del orden de 2500 personas al día, interactúan con un sensor observando como sus saltos generan ondas vibratorias. También se responden a las preguntas del Por que de la ocurrencia de los sismos, de su frecuencia, de la historia sísmica del país y algo vital, qué hacer en caso de un terremoto. El proyecto está acompañado de actividades complementarias como conferencias y el taller de ciencias.

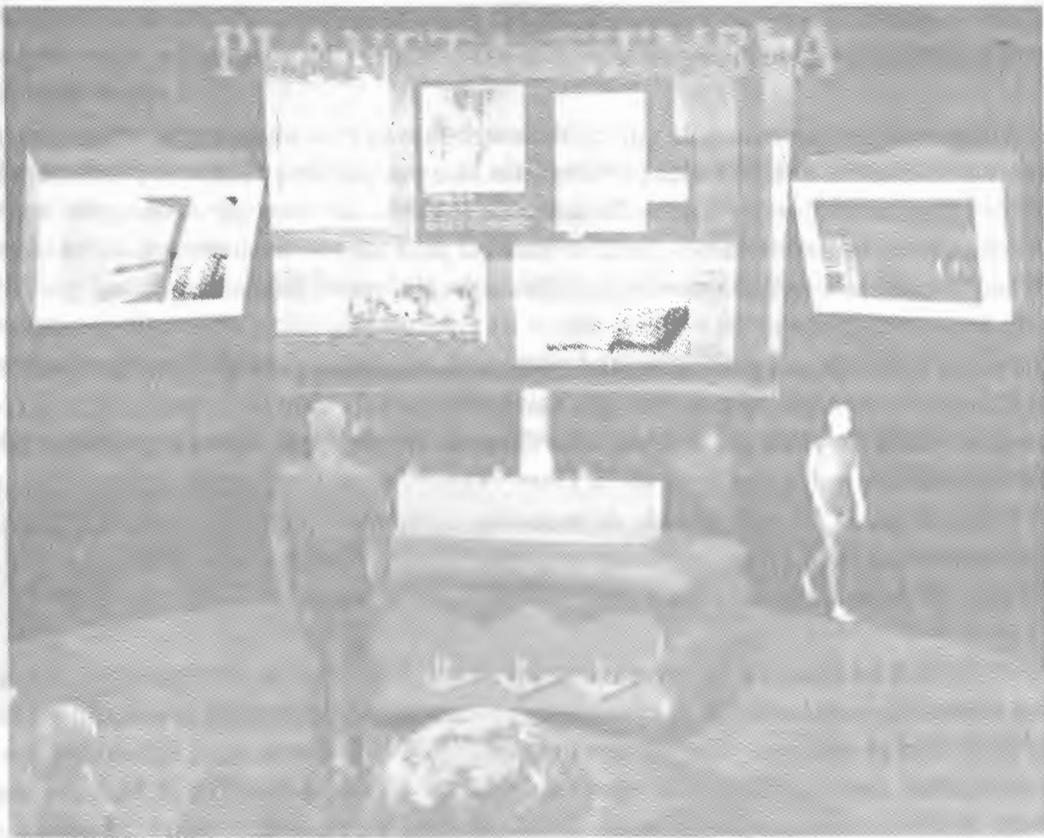
## **INTRODUCCIÓN**

Teniendo en cuenta la gran actividad sísmica y volcánica en Colombia, lo cual ha generado en el país en los últimos años una lista de desastres catastróficos(Alfaro *et al.*, 2000a, 2000b), como el sismo de Popayán del 31 de marzo de 1983 con un saldo final fue de 287 muertos, 7.248 heridos, 13.650 viviendas destruidas y grandes pérdidas económicas; la Erupción del Nevado del Ruiz 13 de Noviembre 1985 y posterior avalancha de lodo que arrasó la población de Armero y parte de Chinchiná, dejando un saldo estimado en 23.000 personas muertas, 10.000 sobrevivientes y 200.000 afectadas.; el Sismo de Murindó de 1990 que dejó más de 200 familias sin vivienda; el Sismo y Avalancha del Río Paez del 6 de Junio de 1994 que dejó un saldo aproximado de 1000 muertos y 30.000 damnificados; el Sismo en Pasto el 4 de marzo de 1995 que dejó como resultado 300 viviendas con averías, 1.000 personas a la intemperie, un hospital inutilizado y el 10% de los colegios y escuelas con daños y el Sismo en el Eje Cafetero el Enero 25 de 1999 con 1.185 víctimas mortales, más de 8.000 heridos y cerca de 400.000 damnificados directos e indirectos. Son algunos ejemplos de lo que han afectado los sismos a Colombia, y enmarcados dentro del ámbito de la docencia y la divulgación, el Instituto Geofísico de la Universidad Javeriana ha emprendido la labor de difundir y realizar una enseñanza interactiva acerca de los movimientos sísmicos y sus efectos en el medio(Alfaro, 2000). En asocio con la Corporación Mixta Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología Maloka, se planteó la elaboración de un panel interactivo “Planeta Tierra”. Dentro la premisa fundamental de Maloka se propone crear un sistema de carácter lúdico interactivo que lleve a la comprensión de la ciencia y la tecnología por medio de experiencias nuevas que involucran todos los sentidos. Se ha determinado que la interacción y la lúdica son herramientas claves en la enseñanza vivencial, ya que por medio de ésta las personas y particularmente los niños asimilan con mayor facilidad los conceptos presentados debido a que en estos existe la mayor cantidad de procesos sensoriales(Maloka, 2000).

Basados en estos conceptos, el Instituto Geofísico de la Universidad Javeriana, adscrito a la Facultad de Ingeniería, ha suministrado la asesoría técnica y científica para la elaboración y montaje del panel didáctico y suministrando también un sismógrafo de largo período y otro de corto período, con el ánimo de educar y concientizar a la población sobre el origen de los sismos y las medidas a tomar en caso de presentarse un evento de magnitud considerable. Maloka aportará el panel, el cual se construirá con planos e indicaciones del Instituto. Se generará un canal en el que se convierta un equipo puramente técnico y especializado en una herramienta didáctica, para el conocimiento de temas relacionados con la sismología, por medio de la experimentación, interacción y la lúdica, y que a su vez tenga en sí explícita una finalidad de comprensión y aprehensión por parte de la población objetivo.

## **OBJETIVOS**

La idea de diseñar y construir un panel interactivo, es dar a conocer las causas, registro y medición de los movimientos sísmicos y la forma de actuar en caso de presentarse un movimiento fuerte, mostrar el principio de los sismógrafos mediante un sensor a través del cual los usuarios puedan generar sus propios sismos, la explicación detallada de la tectónica de placas, el origen de los



**Figura 1.** Imagen Virtual de la Tercera Alternativa por el Stand Planeta Tierra. Se observan los dos computadores, los tres sismógrafos con sus registradores y las guías didácticas (González et al, 2000; Jaramillo et al. 2000).

terremotos y la forma de medirlos, la sismicidad mundial en tiempo real mediante un sismógrafo de largo período y la sismicidad nacional en tiempo real mediante un sismógrafo de corto período.

### **PLANETA TIEMBLA (González et al., 2000, Jaramillo et al., 2000, Tamayo et al., 2001)**

La prioridad del panel interactivo es generar un canal en el que un equipo puramente técnico y especializado se convierta en una herramienta didáctica, para el conocimiento de temas relacionados con la sismología, el Instituto Geofísico cuenta con un sismógrafo Benioff de corto período (1 seg) con masa de 100 kg. y un sismógrafo de largo período que serán utilizados para fines didácticos, el objetivo principal es el de permitir a los visitantes conocer cómo y por qué el interior de la tierra se encuentra en constante movimiento.

La instalación se hará en Maloka, ya que este es un centro interactivo ubicado en Bogotá cuya misión es mostrar la ciencia y la tecnología desde su evolución hasta las últimas innovaciones,

ligadas a los contextos históricos y socioculturales. Parte de la demanda de conocer más acerca lo referente a la ciencia y a la tecnología.

Los temas relacionados directamente con el planeta, como lo es la sismología, adquieren una gran importancia y despiertan interés en las personas, no sólo porque son muchos los fenómenos físicos perceptibles con relación a la tierra que afectan a toda la población sino que también en la actualidad se hace necesario y pertinente la búsqueda de medios para transmitir dichos conocimientos como lo es Planeta Tiembla y el papel que desempeña dentro del panel interactivo.

Colombia es un país con una gran actividad sísmica y volcánica, pero se tiene la experiencia que los eventos de gran magnitud, que son los que más tienen recordación en la memoria de las personas ocurren pocas veces en cada generación. En Planeta Tiembla, los visitantes podrán adquirir y actualizar sus conocimientos mediante situaciones y experiencias vivenciales dentro de un ambiente donde el visitante participe activamente de todos los elementos que conforman el sistema, donde se le darán a conocer las causas, registro y medición de los movimientos sísmicos y la forma de actuar en caso de presentarse un movimiento fuerte.

La interactividad es un concepto relativamente joven y es base para la configuración del proyecto, pues sirve como hilo conductor de la propuesta dándole total importancia al usuario y la relación que va a tener con el sistema. Este sistema está dirigido a la comunidad educativa, los grupos familiares, turistas, con edad de cuatro años en adelante. El grupo objetivo es bastante amplio, lo

que implica que la propuesta sea de carácter universal, donde se manejen códigos utilizados y reconocidos de igual manera por diferentes culturas y para diferentes edades.

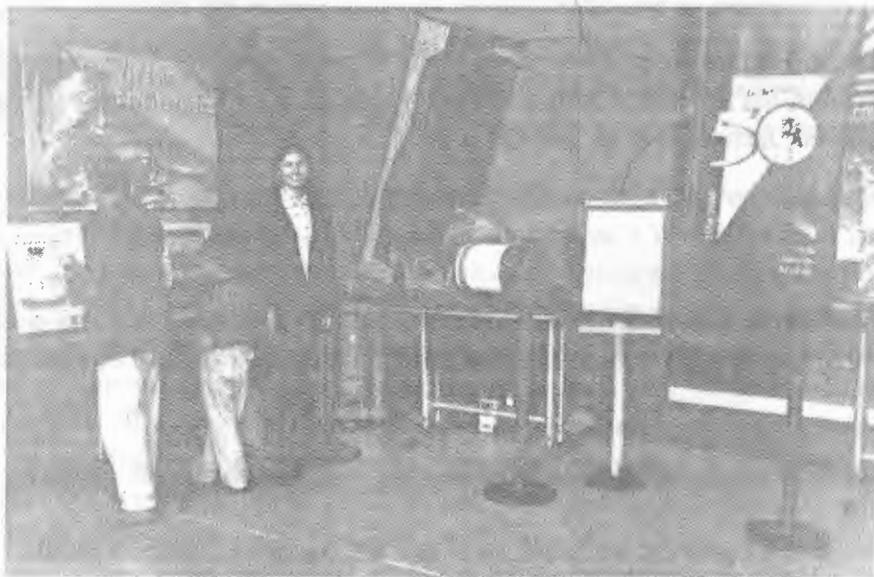


Figura 2. Prototipo presentado en el Bazar de la Tierra en Maloka en abril del 2001. Guías, computador, Sismómetro de corto período y registrador.

## EL PANEL INTERACTIVO

El tema central del panel es representar la tierra por dentro simulando las diferentes capas que la conforman dando

prioridad a las placas tectónicas (Figura 1). Dentro de este panel se instalarán los instrumentos suministrados por el Instituto Geofísico, los dos sismómetros tanto el de corto período como el de largo período, el tambor de registro continuo y demás implementos. El panel lo conformará una plataforma donde el visitante podrá interactuar creando su propio sismo, el cual será detectado y registrado por el sismómetro. El visitante tendrá su propia experiencia sísmica la cual la generará

realizando saltos, podrá detectar la causa y el efecto de la acción realizada, lo que será registrado por el sismómetro obteniendo un sismograma que representará la respuesta del medio ante el movimiento iniciado.

También, dentro del panel se da lugar a que el visitante obtenga información complementaria ante cuestionamientos como, qué ocurrió?, cómo se detectan los sismos?, que hacer en caso de presentarse un sismo?, dando respuesta de una manera didáctica a estas inquietudes. El visitante percibirá de forma visual y auditiva el movimiento de la tierra. De forma visual porque se le presentarán imágenes de terremotos de diferentes partes del mundo y de forma auditiva porque podrá escuchar los sonidos de la tierra, así el visitante se formará una percepción sísmica.

Para complementar el panel, se instalarán computadores conectados permanentemente a la Internet

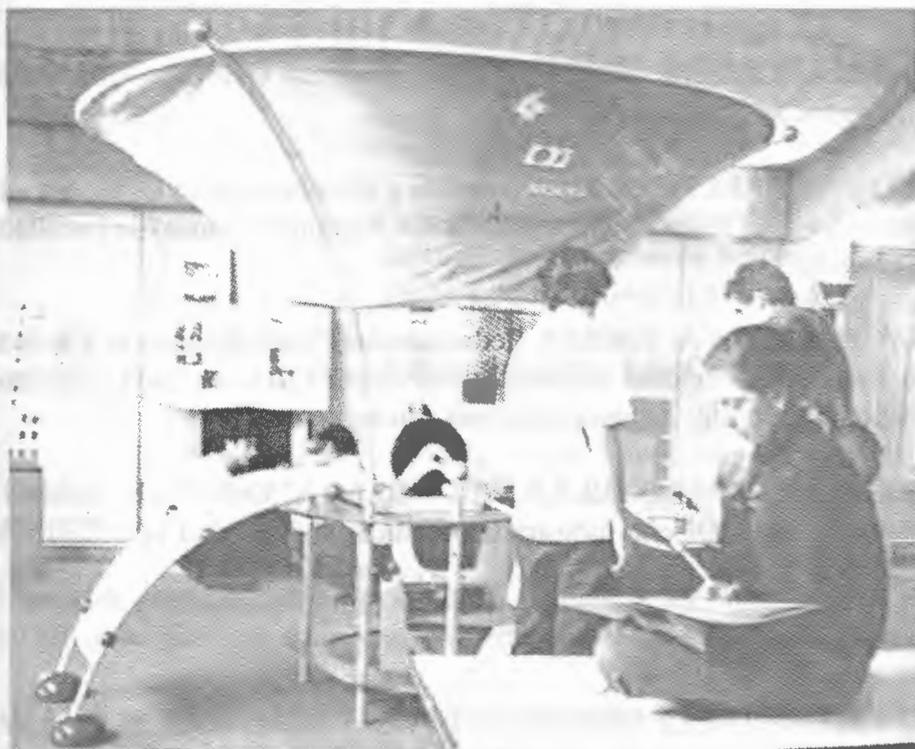


Figura 3. Modelo escala 1:1 , (Tamayo et al., 2001)

los cuales mostrarán las características de los diferentes movimientos sísmicos del día(Iris, 2000). Dentro del panel se instalarán tableros donde el visitante podrá tener acceso a información adicional como las características de los sismos más recientes en el mundo, los sismos más fuertes que han ocurrido en Colombia, además de la definición y explicación de forma clara de

términos como, magnitud, escala de Richter, intensidad, duración, acelerograma, sismograma, etc.

El Proceso de diseño e implementación del Modulo Interactivo ha tenido un desarrollo que va desde el concepto general(Alfaro, 2000), el diseño de tres alternativas con maquetas virtuales(González *et al*, 2000 y Jaramillo *et al.*, 2000), figura 1; la implementación de un prototipo durante el Bazar de la Tierra en abril del 2001(Figura 2), en el cual se instaló el sismógrafo de corto período, uno de los computadores conectados a internet para ver el monitoreo sísmico permanente en tiempo real(Iris, 2000) hasta el desarrollo de maquetas reales escala 1:1 como se observa en la figura 3.

En este momento se continua la labor conjunta entre el personal de Maloka, estudiantes de Diseño Industrial y personal del Instituto Geofísico para la implementación definitiva del Módulo Planeta Tierra con el fin de contribuir a la formación en sismología para el Tercer Milenio, que involucre a investigadores, docentes, estudiantes y al ciudadano común y corriente.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este Proyecto hace parte del Convenio Marco entre Maloka y la Universidad Javeriana, del 22 de Noviembre del 2000. Agradecemos a los diseñadores de Maloka Sigrid Falla y Argie Rozo por sus múltiples comentarios y sugerencias; a todo el personal de Maloka y de la Universidad Javeriana que han contribuido al desarrollo de este proyecto.

## **REFERENCIAS**

ALFARO, A., Stand Didáctico “La Tierra Tierra”, (2000), Instituto Geofísico Universidad Javeriana. Bogotá, 6 p.

ALFARO A., A. FRANCO y A. TORRES, Desastres Naturales y Desplazados en Colombia - De Desastre Natural a Catástrofe Social, (2000a) Memorias de la XX Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería. ACOFI, Cartagena.

ALFARO, A., J. JUNCO, A. FRANCO Y A. TORRES. Reducción del Riesgo Sísmico de Ciudades Intermedias en Colombia. Retos y Limitaciones. (2000b) *Memorias del VIII Congreso Colombiano de Geotecnia*. Bogotá. disponible en <http://ainsuca.javeriana.edu.co/geofisico>

GONZÁLEZ SÁNCHEZ G.L., GUERRERO YELA F., JARAMILLO ALVAREZ J.F., TAMAYO IANNINI C, (2000) Planeta Tierra. Diseño Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Con CDROM. Bogotá. 18 p.

IRIS, (2000) <http://www.iris.washington.edu/>

JARAMILLO ALVAREZ J.F., GONZÁLEZ SÁNCHEZ G.L., GUERRERO YELA F., TAMAYO IANNINI C, (2000) Planeta Tierra - Propuesta Final. Diseño Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. CDROM. Bogotá.

MALOKA, Guión Sala de la Tierra, (2000). Documento de Trabajo. Bogotá

TAMAYO IANNINI C, JARAMILLO ALVAREZ J.F. y GONZÁLEZ SÁNCHEZ G.L., (2001) Planeta Tierra - Prototipo de Comprobación. Diseño Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 53p.

# **PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN CLAVO INTRAMEDULAR BLOQUEADO PARA TIBIA Y SU SISTEMA DE FIJACION PROXIMAL Y DISTAL**

**Autores:**

**Gilberto Encinales Arango**

**Renan Bautista Zuloaga**

**Coautores:**

**Wilson Camacho Camacho**

**Jairo Alonso Lancheros Briceño**

**Jorge Eduardo González Torres**

**Universidad Incca de Colombia**

## **Resumen**

El presente proyecto, es un aporte de la Ingeniería Mecánica para el perfeccionamiento de un proceso quirúrgico que solucione los problemas relacionados con:

- La utilización del amplificador de imágenes (radiación)
- La precisión de ubicación de los agujeros de fijación distal y proximal
- El tamaño del clavo intramedular para la antropometría colombiana

Como es conocido en el mundo médico los implantes con su instrumental y equipos de apoyo son de alto costo y no todas las entidades hospitalarias están en condiciones financieras de adquirirlos.

El proyecto se presenta como una alternativa tecnológica al alcance de los usuarios (pacientes, médicos, entidades) para la solución de esta problemática.

## **Ingeniería del Proyecto**

- Diseño de los clavos intramedulares según muestreo antropométrico.
- Diseño del instrumental para su aplicación

- Validación del procedimiento quirúrgico
- Implementación quirúrgica
- Análisis económico

### **Conclusiones**

El instrumental diseñado facilita la cirugía porque es posible encontrar, de manera fácil, los orificios del clavo ya que éste es preciso y evita el empleo del intensificador de imágenes.

El instrumental es de gran versatilidad y permite la fijación del clavo indiferentemente si el miembro lesionado es izquierdo o derecho.

## **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN CLAVO INTRAMEDULAR PARA TIBIA Y SU SISTEMA DE FIJACION PROXIMAL Y DISTAL**

El presente proyecto pretende dar una solución viable a un problema social, en el área de la ortopedia y la traumatología, facilitando el tratamiento de fracturas y las técnicas quirúrgicas con elementos más precisos y a más bajo costo.

### **Principios de Enclavado Intramedular Bloqueado**

El enclavado consiste en una fijación con clavos en cirugías ortopédicas y traumatología. El empleo de un clavo perforado en sus dos extremos con orificios que permitan el paso de los tornillos autoroscantes, facilita el tratamiento de las fracturas diafisarias simples o complejas de la tibia. El objetivo del enclavado es conseguir la inmovilidad interna y firme del hueso para proporcionar la aparición del callo perióstico para alcanzar la inmovilización. El clavo debe ser atornillado en la parte superior, con doble tornillo, para evitar el movimiento sobre el eje longitudinal y el efecto rotacional, a su vez, debe ser atornillado en la parte inferior, con doble tornillo, para disminuir el esfuerzo de flexión sobre los mismos y ayudar en el efecto rotacional.

Con un correcto proceso de enclavado intramedular, se agilizan los procesos de dinamización y carga que acelera la curación del paciente. La dinamización consiste en poner en movimiento la pierna afectada en una sollicitación de carga parcial en proporción al peso del individuo, mejorando la decorticalización de cuatro a seis semanas para lograr la rehabilitación total.

El enclavado intramedular se aplica en los siguientes tipos de fractura:

- Fracturas conminutas
- Fracturas transversales con inestabilidad rotatoria
- Fracturas bifocales

- Fracturas con pérdida de sustancia ósea
- Fracturas oblicuas y espiroideas
- Fracturas que alteran su característica durante la intervención por estallido tibial
- Osteotomías correctoras en las zonas donde el clavo deja de ejercer su función estabilizadora
- Osteotomía para alargamiento
- Pseudoartrosis
- Grandes lesiones tumorales que precisen resecciones amplias seguidas de aporte óseo.

## **Sistemas Actuales De Clavos Intramedulares Con Bloqueo**

### **1. Sistema Universal Synthes**

- Tipo de clavo: Acero inoxidable, hueco en forma de trébol
- Aplicación: Fijación bloqueo proximal y distal
- Procedimiento Quirúrgico: Con intensificador de imágenes para su bloqueo

### **2. Sistema Orthofix**

- Tipo de clavo: Orthofix
- Aplicación: Fijación - bloqueo proximal y distal
- Procedimiento Quirúrgico: Intensificador de imágenes y localizador externo

### **3. Sistema Grosse Kempf**

- Tipo de clavo: En forma de trébol hueco, de acero inoxidable
- Aplicación: Fijación orificios medios laterales, distales y proximales
- Procedimiento Quirúrgico: Con intensificador de imágenes y regleta operatoria.

### **4. Sistema Titanio AIM**

- Tipo de clavo: Aleación de titanio con ranura longitudinal
- Aplicación: Fijación distal y proximal con agujeros a 45°
- Procedimiento Quirúrgico: Con intensificador de imágenes

### **5. Sistema Colchero**

- Tipo de clavo: Macizo sección cilíndrica, de acero inoxidable
- Aplicación: Fijación distal y proximal
- Procedimiento Quirúrgico: Instrumental especial e intensificador de imágenes

### **6. Sistema en Cerrojo Russel Taylor**

- Tipo de clavo: Hueco cilíndrico, agujeros de fijación diagonales
- Aplicación: Fijación distal y proximal
- Procedimiento Quirúrgico: Intensificador de imágenes y dispositivo de precisión

## 7. *Sistema UTN*

- Tipo de clavo: Sección triangular, agujeros cilíndricos oblicuos
- Aplicación: Fijación distal y proximal
- Procedimiento Quirúrgico: Intensificador de imágenes, adaptador radio transparente e instrumental especial

### **Problemática**

Los principales problemas que se presentan en los procedimientos son:

- ***Irradiación:*** Los efectos de radiación producidos por el intensificador de imágenes, afecta la salud del equipo quirúrgico y del paciente, tanto por el tiempo de exposición a los rayos X durante la cirugía como por la distribución de la irradiación en el espacio del quirófano.

Adicionalmente, se generan dificultades con el manejo de los elementos de protección dentro de la cirugía y la asepsia en el quirófano.

Las normas de exposición a la irradiación permiten un máximo anual de 5 rems, en el cristalino de 15 rems y en la piel hasta 50 rems. Estas normas se superarían en cirugías de este tipo si se complican, o cuando un cirujano ejecuta varias intervenciones.

- ***Precisión en la ubicación de los agujeros distales y proximales:*** Este es un problema básico mecánico quirúrgico, debido a que si no está desarrollado un dispositivo para localizar los agujeros y montar los tornillos de fijación, se genera un traumatismo quirúrgico para el paciente, por un doble taladrado que causa el debilitamiento de la pared del hueso y un posible desprendimiento de esquirlas metálicas por imprecisión. Esto conlleva a una serie de dificultades de orden médico y biológico en la recuperación del paciente.
- ***Antropometría:*** Los clavos comerciales están diseñados para las diferentes antropometrías de los países de origen, generando un problema adicional en la selección del clavo adecuado para el paciente colombiano.
- ***Costos:*** Los procedimientos actuales y los equipos de apoyo son costosos y no todas las entidades hospitalarias las poseen.

### **Presentación de Modelos**

Teniendo en cuenta los aspectos biológicos y mecánicos del enclavado intramedular, se presentan cuatro modelos para ser unificados en un prototipo, bajo las consideraciones médicas y técnicas con su sistema de fijación proximal y distal.

Para determinar las dimensiones del clavo, se efectuó un muestreo sobre 115 pacientes en las medidas antropométricas de la tibia, relacionando dimensiones y peso corporal del individuo.

## **Bases Ingenieriles de los Modelos**

- Que no haya deformación residual en el sistema clavo hueso tornillos bajo carga.
- Que su deformación elástica en el foco de la fractura no sea mayor a 1 mm.
- Que los movimientos producidos por el esfuerzo a cizalladura no sean superiores a 0.19 mm como estímulo a la formación de callo óseo.
- Que las pruebas en fatiga sean superiores al de la tibia (esfuerzo, flexión y torsión)

### **Modelo No. 1**

Diámetro del clavo 11 mm y longitudes entre 270 - 400 mm

Sistema proximal a 45° y 2 agujeros distales

Inclinación 15° con rosca interna para acoplamiento

Imprecisión al cambio de dispositivo en la regleta

### **Modelo No. 2**

Diámetro del clavo 11 mm, longitudes entre 270 - 400 mm

Agujero proximal a 90° y 2 agujeros de fijación distal

Rosca interna por aplicación

Posible rotación en el procedimiento quirúrgico

### **Modelo No. 3**

Por razones fisiológicas, se decidió realizar el modelo del clavo en diámetro de 9 mm, para ser introducido sin fresado; se modificó la cabeza superior del clavo a una forma cónica para facilitar su inserción y se diseñaron planos laterales a la rosca para evitar su rotación.

### **Modelo No. 4**

Después de revisado el modelo No. 3 por el asesor médico, se efectuaron los siguientes cambios:

- Profundidad de la rosca de sujeción a 15 mm
- Sujetador y guía tipo cola de milano
- Sistemas de apriete en forma hexagonal
- Modelo definitivo con instrumental

### **Análisis Mecánico**

La tibia como elemento constitutivo del sistema musculoesquelético, está sometido a numerosas fuerzas debidas a la acción de los músculos, ligamentos y fuerzas externas; para el diseño es necesario considerar la extremidad en el momento en el cual la persona está subiendo escaleras, esta posición se considera como crítica y es allí cuando la tibia recibe, además del peso del cuerpo, la fuerza del ligamento patelar para llevar la pierna a la extensión, la tibia se comporta como una columna con carga excéntrica.

Para el proceso de diseño, se tomaron radiografías en la posición crítica para determinar los ángulos de aplicación de las cargas y las partes de reacción sobre el pie y tobillo por el peso del cuerpo y el ligamento patelar.

El análisis del diseño, se efectuó a fatiga para las diferentes longitudes de clavos y para diámetros de 11 mm y 10 mm, para un acero inoxidable 316 l (Acerinox) con  $\sigma_{ut} = 70.4 \text{ kg/mm}^2$ ,  $\sigma_y = 23.47 \text{ Kg/mm}^2$ ,  $E = 20400 \text{ kg/mm L}$  y una doble ángulo del clavo  $15^\circ$ .

En el diseño y desarrollo del instrumental para su aplicación en la ubicación de los agujeros con precisión se fabricó en acero inoxidable 316 L y 304.

## **Bibliografía**

GUSTILLO B., RAMON Y KYLE F., RICHARD, Fracturas y Luxaciones, 1995, España.

APLEY A., GRAHAM Y SALOMON, LOUIS, Ortopedia y Tratamiento de Fracturas, 1985, Barcelona.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, Anual Book of ASTM Standars, 1995, Eastern.

BURTEIN H. ALBERT Y WRIGHT M., TIMOTHY, Fundamentals of Orthopaedic Biomechanics, 1994, New York.

COLCHERO ROSAS FERNANDO, Tratamiento Integral del Paciente con Infección ósea, 1990, México.

FAIRES, VIRGIL M., Diseño de Elementos de Máquinas, 1987, Barcelona.

CRONEY, JHON, Atropometría para Diseñadores, 1990, Barcelona.

SHIGLEY, JOSEPH., MISCHKE CHARLES, Diseño en Ingeniería Mecánica, 1995, México.

WALPOLE Y MEYERS, Estadística para Ingenieros, 1992, México.

# EXPERIENCIAS EN LA ESTRUCTURACIÓN DE CURRÍCULOS EN INGENIERÍA

Santiago Lobo Guerrero Uribe (\*, \*\*)  
Universidad Militar "Nueva Granada"

## RESUMEN

El propósito de este trabajo fue elaborar un nuevo modelo curricular, con énfasis en la reestructuración del plan de estudios para el programa de Ingeniería Civil de la Universidad Militar "Nueva Granada". El modelo está fundamentado en las perspectivas y necesidades para la preparación de los futuros ingenieros del siglo XXI, en las orientaciones propias del Proyecto Educativo Institucional y en un análisis crítico reflexivo relacionado con la formación profesional que ofrece esta Universidad. La reforma curricular del programa de Ingeniería Civil fue aprobada y la Universidad (\*\*\*) recomendó resaltar la formación en valores socio-humanísticos, culturales y ambientales, manteniendo una profundización moderada en cuanto al estudio de las tecnologías propias de la carrera. La conclusión principal del trabajo reside en que este modelo curricular permite la integración colegiada de saberes y favorece la creación de espacios interdisciplinarios para encontrar alternativas de solución a los problemas globales, generados por la dinámica de los procesos sociales y culturales.

## 1. MARCO CONCEPTUAL

Dentro del marco conceptual se da respuesta a cuatro (4) interrogantes:

- ¿Qué modelo curricular se debe adoptar para formar nuestros Ingenieros Civiles? <sup>(1, 2, 3, 4)</sup>
- ¿Qué plan curricular facilita la integración de los saberes requeridos por dicho modelo? <sup>(5, 6, 7)</sup>
- ¿Qué plan de estudios se debe ofrecer en correspondencia con el modelo propuesto? <sup>(8, 9)</sup>
- ¿Qué elementos permiten operar, evaluar y ajustar dinámicamente el modelo curricular? <sup>(10)</sup>

(\*) Ingeniero Civil, Profesor Titular, Director del Programa de Ingeniería Civil, Universidad Militar "Nueva Granada". Docente de cátedra de las Universidades Nacional y Santo Tomás, sedes de Bogotá, D. C.

(\*\*) El autor agradece la colaboración de la comunidad académica neogranadina, en especial a quienes diligenciaron la encuesta, cuyos aportes ayudaron a enriquecer la investigación y los resultados alcanzados con este trabajo.

(\*\*\*) Sesión del Consejo Académico de la Universidad Militar "Nueva Granada", diciembre de 1999.

## 2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

La elaboración de este estudio se llevó a cabo a través de las actividades siguientes:

- a) Desarrollo del marco conceptual del trabajo, para sustentar teóricamente el modelo propuesto.
- b) Diseño y aplicación de una encuesta, previamente validada, a 230 personas, según la Tabla 1.

**Tabla 1. Distribución de la muestra para caracterizar el perfil ideal del Ingeniero Civil**

ENCUESTADOS	NÚMERO	%
1. ALUMNOS	60	26
2. PROFESORES	40	17
3. DIRECTIVOS	30	13
4. EGRESADOS	30	13
5. ADMINISTRATIVOS INSTITUCIONALES	20	9
6. AUTORIDADES LOCALES	10	4
7. COMUNIDAD	20	9
8. OTROS	20	9
<b>TOTAL</b>	<b>230</b>	<b>100</b>

La encuesta se aplicó a grupos de máximo cinco (5) personas para obtener un total de diez (10) respuestas por grupo y para cada una de las siguientes tres preguntas abiertas: 1. ¿Qué cree usted que debería **saber** un Ingeniero Civil? 2. ¿Qué cree usted que debería **saber hacer** un Ingeniero Civil? 3. ¿Qué cree usted que debería **ser** un Ingeniero Civil?

- c) Recopilación, organización y cotejo de los currículos y planes de estudio de Ingeniería Civil de una muestra aleatoria de 100 universidades a nivel mundial, sintetizada en la Tabla 2.
- d) Procesamiento de la información obtenida y análisis cualitativo y cuantitativo de la misma.
- e) Con base en los resultados logrados, se reestructuró el plan de estudios de la carrera.
- f) Se formuló una propuesta de modelo de evaluación curricular.
- g) Se elaboraron las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

**Tabla 2. Universidades consultadas para analizar los currículos y los planes de estudio**

ZONA	PAÍSES	CANTIDAD DE UNIVERSIDADES
América	Canadá (2), Estados Unidos de Norteamérica (23)	25
	Costa Rica (1), Guatemala (1), México (2), Panamá (1), Puerto Rico (1), República Dominicana (1)	7
	Argentina (4), Brasil (5), Chile (1), Colombia (15) *, Ecuador (1), Uruguay (1), Venezuela (3)	30
Europa	Alemania (2), España (5), Francia (2), Grecia (1), Inglaterra (3), Irlanda (1), Italia (5), Luxemburgo (1), Noruega (2)	22
Asia	China (2), Japón (1), Libano (1), Singapur (1), Turquía (1)	6
África	Egipto (1), Camerún (1), Rep. de Sudáfrica (2), Senegal (1)	5
Oceanía	Australia	5
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>

(\*) De la muestra colombiana, seis (6) universidades son del nivel local con sede en Bogotá, D.C.

## 1. ESTRUCTURA DEL NUEVO CURRÍCULO

El nuevo currículo para el programa de Ingeniería Civil se desarrolló a través de cinco (5) etapas, conforme se puede apreciar en la Figura 1 de este documento. El resumen de estas etapas se presenta a continuación.

- **La contextualización.** Ella se desarrolló bajo dos enfoques: el primero, el *entorno global*, condujo al análisis de los macro aspectos de la problemática educativa del país dentro de tres momentos: el pasado, el presente y el futuro. Con el segundo enfoque, el *entorno real*, se reflexionó y discutió sobre la Universidad: su filosofía, principios y objetivos; sus metas y su Proyecto Educativo; y sus desafíos dentro del ámbito educativo como Institución de Educación Superior. La confrontación de los entornos mencionados permitió identificar las **necesidades reales** de la Institución, de modo que respondieran a problemas éticos, económicos, científicos, tecnológicos, sociales, culturales, laborales, políticos, ambientales, religiosos, y otros más.
- **La fundamentación.** En esta fase se establecieron las **ofertas reales** de la Universidad frente a las necesidades antes indicadas. Dos conjuntos de elementos sirvieron de base para ello: los *propósitos y las metas educativas* y el *programa de la formación profesional*. Los primeros son a su vez el resultado del análisis y reflexión sobre cuatro aspectos: *el objeto de transformación*; *el propósito de la formación* (contraste entre el propósito ideal y la situación real de la formación); *la actuación del futuro egresado* en los contextos profesionales; y, *el desarrollo de la profesión*, conforme las tendencias de esta última. El segundo conjunto de elementos, el programa de la formación profesional, reúne *las dimensiones cambiantes* (la cultura, las características personales y el entorno social del estudiante; la naturaleza y la prospección de la profesión que eligió); y *los principios para el cambio* (calidad de la cultura, integridad de la formación de la persona, participación de ésta dentro de la sociedad y las situaciones de incertidumbre y globalidad bajo las cuales aquella persona se desenvolverá).
- **La conceptualización.** El desarrollo de esta etapa permitió obtener *el plan curricular*. Dicho plan, que surgió de la confrontación entre las necesidades y ofertas reales y del planteamiento de varios supuestos, considerando además las directrices y las normas de la Educación Superior colombiana, se constituyó en el eje central de la investigación. Este último proceso se atendió en forma interdisciplinaria y con la participación de la comunidad académica. Como resultado de esta labor, se definieron los *núcleos temáticos y problemáticos* y la estructura de los *bloques programáticos*, los cuales aparecen en la Tabla 3 de este escrito.

En torno al objeto de transformación y con el propósito de orientar y apoyar el desarrollo del plan curricular, se plantearon como *líneas de investigación* las siguientes: diseño, construcción, administración, control y conservación de obras civiles; explotación del recurso hídrico, saneamiento ambiental y protección del medio ambiente; diseño, optimización y mantenimiento de vías y medios de transporte; diseño de estructuras y aplicación del manejo geotécnico a las obras civiles; transferencia, validación y desarrollo de tecnologías para materiales de construcción; educación en Ingeniería Civil y fomento y desarrollo de la salud ocupacional.

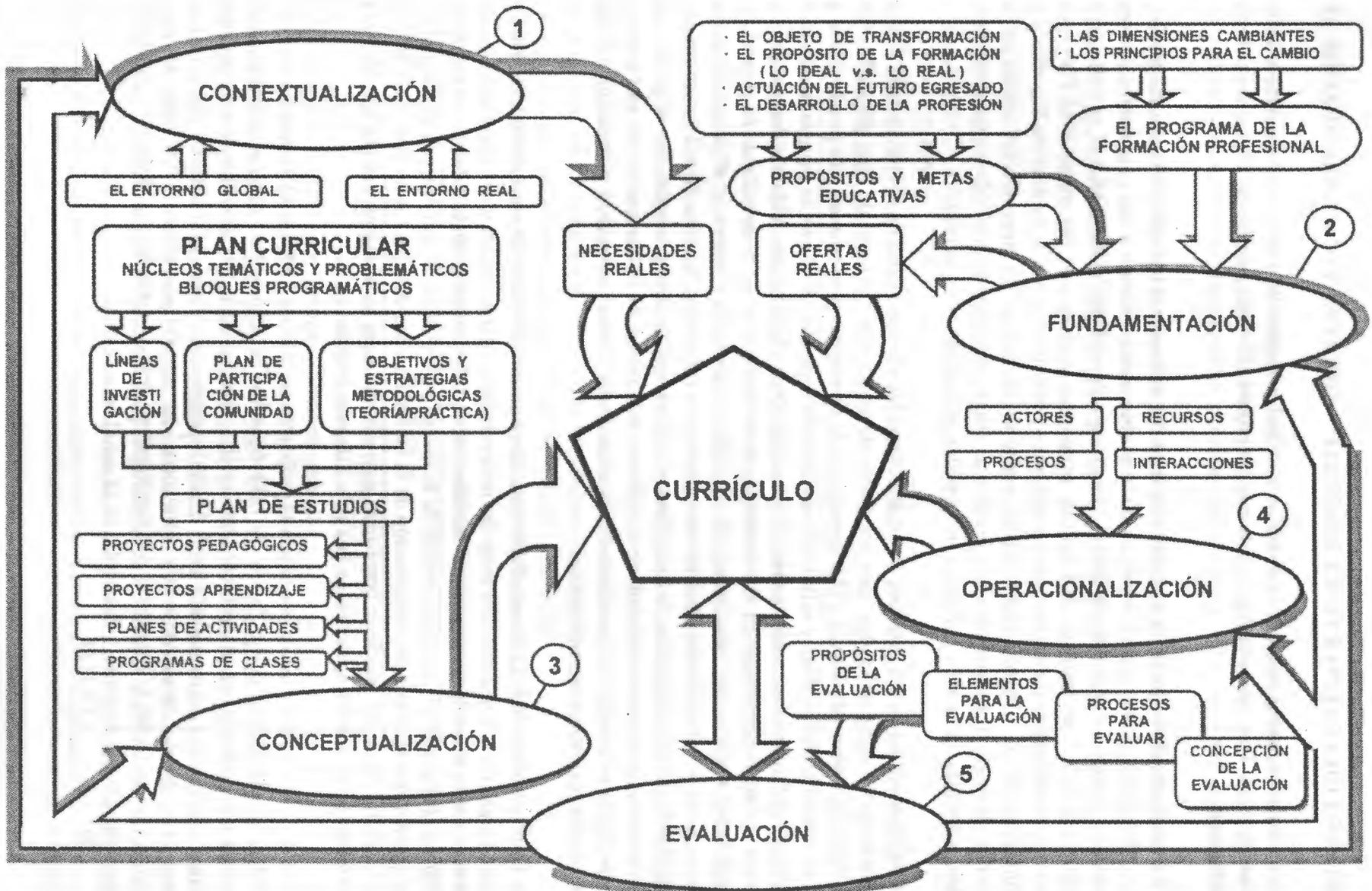


Figura 1. CURRÍCULO DE INGENIERÍA CIVIL - UNIVERSIDAD MILITAR "NUEVA GRANADA"

**Tabla 3. Núcleos temáticos y problemáticos; y bloques programáticos del plan curricular**

NÚCLEOS TEMÁTICOS Y PROBLEMÁTICOS	BLOQUES PROGRAMÁTICOS
1. CIENCIA Y TECNOLOGÍA	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Matemáticas y sus aplicaciones</li> <li>◆ Propiedades de la naturaleza y sus aplicaciones</li> <li>◆ Herramientas para medición, computación y diseño</li> <li>◆ Metodologías y tecnologías en Ingeniería Civil</li> <li>◆ Procesos de comunicación y expresión</li> <li>◆ Recursos naturales y medio ambiente</li> </ul>
2. OBRAS DE INFRAESTRUCTURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Salud, sanidad y recreación de la comunidad</li> <li>◆ Análisis y diseño de sistemas de estructuras</li> <li>◆ Explotación, uso y control de materiales térreos</li> <li>◆ Explotación, manejo y control de recursos hidráulicos</li> <li>◆ Medios y modos de movilización de bienes y personas</li> <li>◆ Construcción y mantenimiento de obras civiles</li> </ul>
3. INGENIERÍA, SOCIEDAD Y MEDIO AMBIENTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Principios y valores, morales y socioculturales</li> <li>◆ Salud ocupacional y control de factores de riesgo</li> <li>◆ Aspectos económicos, legales y de la profesión</li> <li>◆ El medio ambiente y las obras de Ingeniería Civil</li> </ul>

Para lograr la integración institución-academia-comunidad, se propuso un *plan de participación de la comunidad* que permite dar continuidad y ampliar las interacciones que se tienen con: las comunidades científicas nacional e internacional; los organismos e instituciones gubernamentales y no gubernamentales; la Universidad y su comunidad académica; la industria de los sectores público y privado; las asociaciones comunitarias y los usuarios potenciales. Las definiciones de *objetivos y estrategias metodológicas* permitieron el desarrollo de los proyectos pedagógicos y de aprendizaje, los planes de las actividades académicas y los programas relacionados con las actividades de las clases.

El *plan de estudios* del programa de Ingeniería Civil se articuló con cuatro elementos: los *núcleos integradores de problemas*, que fundamentan los objetivos, las metas y las razones de sentido de la carrera; los *ejes curriculares*, que explicitan los valores que deben caracterizar al profesional egresado de la Universidad; los *ambientes educativos*, que definen las facetas culturales del nuevo ingeniero por formar, tipificados por la clase de disciplinas y el tipo de saberes propios de la carrera; y los *campos de formación*, que deben propiciar un razonable equilibrio de procesos en la persona para su transformación cultural en tres aspectos: **el ser, el saber y el saber hacer**.

- **La operacionalización.** En esta fase se determinaron los mecanismos para la participación de los *actores*, se establecieron por consenso los *procesos* (de docencia, investigación y extensión, de bienestar universitario y de administración institucional), se estimaron los *recursos* (en calidad y cantidad) y los apoyos necesarios para implementar y desarrollar el plan curricular. Por último, se fijaron las *interacciones* que es necesario mantener en el programa, las que requieren ser afianzadas o expandidas en el medio y la sociedad, las comunidades académicas (nacional e internacional) y con el sector productivo. En la medida en que los constituyentes anteriores participen al unísono,

en forma integrada y de manera armoniosa, se logrará que el desarrollo curricular sea eficiente, eficaz y exitoso.

- **La evaluación.** Ésta se constituyó en la última etapa del trabajo, la cual se dedicó a la definición y propuesta de un modelo de evaluación curricular. Con su aplicación, se busca obtener la información necesaria para ajustar, corregir e innovar el diseño del currículo, favoreciendo el proceso de mejoramiento continuo del mismo.

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- **Conclusiones.** Los componentes básicos del plan curricular *-líneas de investigación; plan de participación de la comunidad; y objetivos y estrategias metodológicas-*, permiten integrar lo académico con lo no académico y estimulan el análisis, la crítica, la reflexión, la discusión, la concertación y el avance efectivo del conocimiento en amplitud y en profundidad. La visión científica-tecnológica derivada de dicha integración, deja de ser puntual, centrada en lo específico, y pasa a ser global, contextualizada, abierta al cambio, la innovación, el ingenio, la creatividad, la diversidad. En última instancia, se logra correlacionar e integrar los saberes en la realidad que nos rodea.
- **Recomendaciones.** Se recomienda la crítica permanente, la concertación dialogada y la reflexión profunda sobre el currículo en su totalidad como únicos medios válidos para lograr su actualización permanente, asegurando su coherencia académica y su pertinencia social. Así mismo, se invita a la práctica de la evaluación curricular (interna y externa) para asegurar la calidad de los programas académicos en Educación Superior.

#### REFERENCIAS

- (1) **GARCÍA M., Juan Diego, AUBAD L., Rafael y SUÁREZ O., Edgar,** Misión Nacional para la Modernización de la Universidad Pública, 1997, Santafé de Bogotá, pp. 17-52.
- (2) **LÓPEZ J., Nelson E.,** La reestructuración curricular de la Educación Superior, COLCIENCIAS - ICFES, 1996, Santafé de Bogotá, pp. 17-55.
- (3) **BLANCO R., Luis E.,** La calidad como factor de competitividad en la Educación Superior, ACOFI, 1997, Santafé de Bogotá, pp. 163-174.
- (4) **UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA,** Misión y Proyecto Educativo, Universidad Militar Nueva Granada, 1998, Santafé de Bogotá, pp. 5-19.
- (5) **JACOBSON, I.D.,** Criterios 2000: Un nuevo enfoque para la educación en Ingeniería, ACOFI, 1997, Santafé de Bogotá, pp. 17-25.
- (6) **RESTREPO G., Guillermo,** Hacia un perfil profesional del Ingeniero, ACOFI, 1996, Cartagena, pp. 2-3.
- (7) **SALAZAR C., Jaime y SILVA S., Eduardo,** Actualización y modernización curricular en los Programas de Ingeniería en Colombia, ACOFI, 1997, Santafé de Bogotá, pp. 153-159.
- (8) **RODRÍGUEZ R., Rafael,** Estructuras curriculares en la Educación Superior y su relación con la Acreditación, Seminario de Auto Estudio, Efectividad y Calidad - El camino a la acreditación, INPAHU-ICFES, 1997, Santafé de Bogotá, pp. 2-29.
- (9) **GONZÁLEZ G., Álvaro J.,** Anotaciones sobre la prospectiva tecnológica de la Ingeniería Civil en Colombia, ACOFI, 1995, Santafé de Bogotá, pp. 1-12.
- (10) **RODRÍGUEZ R., Rafael,** Teoría y práctica del diseño curricular, Universidad Santo Tomás, 1988, Bogotá, pp. 100-175.

# DIAGNOSTICO DE LA INVESTIGACIÓN EN LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA DE LA UTP

**Fernando Orozco**  
**Director**

**Luis E. Llamosa R.**  
**Director**

**William Ardila U.**  
**Director**

**Maestría I. Industrial**

**Centro de Investigaciones UTP**

**Esp. Inst. Física**

**PROFESORES DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**Resumen:** Con el acuerdo 022 de 1984 emanado por el Consejo Superior de la Universidad Tecnológica de Pereira se señalaron las normas sobre la administración y el fomento de la investigación en la UTP. A partir de este acuerdo se crea el «Centro de Investigaciones y Extensión» y se institucionaliza de manera formal la investigación, que con anterioridad a esta fecha no iba más allá de algunos intentos de personas que querían trascender más allá de los aspectos meramente docentes. Con la aparición del Decreto 1444 de 1992 se estimula aún más la investigación en las Universidades públicas pues mediante él se da reconocimiento salarial a la producción intelectual. A pesar del impulso que se ha querido dar a la investigación, en la UTP, y de los estímulos que esta ha recibido como Universidad pública, la actividad investigativa, salvo en algunas áreas, no ha logrado convertirse en una actividad fundamental dentro de ella; los programas de ingeniería no escapan a este panorama.

En este trabajo se realiza un estudio comparativo en cuanto a la investigación en los diferentes programas de ingeniería de la UTP por parte de sus docentes, se analiza lo concerniente a: Grupos de investigación existentes, proyectos de investigación realizados, nivel de escolaridad de sus docentes, programas de postgrado con sus líneas de investigación. Se compara la productividad investigativa de los programas de ingeniería con respecto al resto de dependencias académicas de la Universidad y se analizan las políticas institucionales al respecto. Con base en esta información se realiza un diagnostico de la situación en el ámbito de la investigación en los programas de ingeniería, se realiza un balance de los resultados positivos y negativos y de las debilidades, balance que describe una situación similar a la de la mayoría de universidades del país, situación que refleja la recesión científico tecnológica que se vive en Colombia. Como parte esencial de este diagnostico se analiza un conjunto de alternativas que persiguen generar acciones que agilicen el proceso investigativo, de tal manera que la investigación desarrollada, realmente produzca los resultados en formación de personal, en influencia en el desarrollo de la región y del país y obviamente en la creación del nuevo conocimiento que todos esperamos.

## 1. MARCO TEÓRICO

La ciencia y la tecnología son elementos fundamentales para el desarrollo del país, la investigación científica y la tecnológica constituyen factores imprescindibles del progreso nacional; por tanto, la

investigación debe ser una de las funciones sustantivas de todo programa académico de Ingeniería.

- En el informe mundial sobre la ciencia 1996 de la UNESCO, en el estudio sobre el estado de desarrollo de la ciencia y la tecnología en América Latina y el Caribe, ALC, se presenta a Colombia como uno de los países de la región más atrasados en ciencia y tecnología.

Colombia posee en la actualidad (1999) 5000 científicos que representan el 0.1% del número total de científicos del mundo y el 1% de ALC, de los cuales la mitad no ha realizado estudios de maestría y doctorado. El país 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 ALC es 209. Para un nivel adecuado de competencia, con una población de 36 millones de habitantes, el país debería tener 1000 científicos e ingenieros investigadores por millón de habitantes.

Hasta el momento funcionan 734 grupos (COLCIENCIAS, año 2000) de investigación en nuestro país (Categoría A: 64. Categoría B: 121, Categoría C: 251. Categoría D: 293) muchos de ellos sin un solo doctor.

Se plantea que un grupo de investigación podría tener de seis a siete doctores, unas ocho a diez personas con especialización en áreas técnicas y tecnológicas y estar desarrollando de seis a siete proyectos simultáneamente con unos costos alrededor de un millón de dólares.

Un centro de investigaciones que pueda entrar a competir internacionalmente debe tener de 20 a 25 doctores, 35 a 40 personas con maestría o especialización, y un presupuesto de unos 4 millones de dólares. Debería adelantar unos 20 proyectos simultáneamente.

**1.1 Investigación En Ingeniería:** Asimilando los proyectos de investigación de los programas de Innovación y Desarrollo Tecnológico financiados por Colciencias, como ubicados en el campo de la Ingeniería y Tecnología, ellos representan 191 proyectos o sea el 26.8% del total de los proyectos del trienio 1995-1997. De estos, 84 proyectos son desarrollados por las universidades, 65 por oficiales y 19 por universidades privadas; los 107 proyectos restantes corresponden a Empresas y Centros de Investigación de Instituciones estatales.

En el Seminario Nacional de Doctorados, realizado en Bogotá en agosto de 1996 se planteó: “La investigación en Ingeniería puede desarrollarse como investigación aplicada o en ciencias básicas de la ingeniería. No se puede confundir la investigación aplicada con la solución de un problema puntual de asesoría o consultoría, los resultados de una investigación en Ingeniería, deben tener cierto nivel de generalidad que haga útil el conocimiento producido, las instituciones deberán realizar esfuerzos e inversiones en un sistema de información científica actualizada permanentemente para dar apoyo a los procesos investigativos.

Experiencias viejas y recientes de muchos países muestran que acceder a un equilibrio superior donde las tasas de crecimiento de la actividad científica son altas es posible, pero esto sólo puede darse con una masiva y prolongada intervención del estado. Ello implica, como es obvio, que las sociedades de estos países adopten el desarrollo del conocimiento de su población y la consolidación de sus comunidades científicas y tecnológicas como parte de su proyecto de construcción de nación.

**1.2 Algunos Problemas y Tendencias Mundiales:** Según el Informe Bricall Universidad 2000 de España, algunas de las tendencias probables del entorno en que se mueve la investigación universitaria son:

- Tendrá lugar una internacionalización creciente de la investigación que requerirá la cooperación transnacional y una mayor extensión de los flujos de intercambio de las

actividades de investigación, desarrollo e innovación, favorecida por el desarrollo de las nuevas tecnologías. Ello repercutirá en especial, en las universidades, que deberán integrarse en redes de ámbito internacional y deberán establecer alianzas estratégicas para competir en el espacio de la I + D y de la innovación.

- Desde el punto de vista de la financiación, aumentará la dependencia externa de la actividad investigadora. En estas condiciones parece probable que solo perdure la actividad investigadora de calidad y competitiva; ello aconseja evitar la excesiva fragmentación de los grupos de investigación.
- La innovación será el factor principal de la competitividad. Esta circunstancia deberá favorecer la interacción entre la investigación universitaria, el sector productivo y el entorno tecnológico.
- Se considera un factor clave la formación de los recursos humanos que deberá inducir a la iniciación en la investigación científica, a la par que la formación humana, ya en la educación primaria; un mayor esfuerzo de formación del personal investigador en las universidades, una mayor incorporación de jóvenes investigadores a las actividades de I + D empresariales; una mayor movilidad de estudiantes profesores e investigadores entre universidades, centros de investigación y empresas.
- Se incorporará al organigrama de ciencia y tecnología la acción de gabinetes de predicción de las necesidades tecnológicas futuras para el desarrollo de la sociedad.

**1.3 Algunos Planteamiento Nacionales:** En el primer Congreso de Educación Superior realizado en Barranquilla en 1999, según las memorias en el tomo 2 de Ciencia y Tecnología, algunas de las políticas de fomento y apoyo a la investigación, son las siguientes:

- Transferencia de experiencias exitosas e integración interinstitucional, pasantías de doble vía, investigación y desarrollo concertado con el sector productivo, movilidad estudiantil y realización de encuentros de diferente índole.
- Impulso a la integración de políticas de fomento y soporte financiero, tales como la creación de fondos y sistemas de cofinanciación regionales y locales, programas becarios integrados entre el sector público y privado.
- Introducción a la cultura de la gerencia y la gestión de la investigación y el desarrollo.
- Formación de la generación de relevo profesional, cuyo perfil obedezca a las nuevas políticas, en las cuales la investigación sea su actividad nuclear.

**2. RESULTADOS:** La fuentes de los resultados que se presentan a continuación provienen del Centro de Investigaciones y extensión y de la oficina de personal de la UTP.

**2.1 Distribución de los Grupos de investigación en la UTP (datos de 2001)**

FACULTAD	Fr	%
CIENCIAS BÁSICAS (*)	3	10
ING. ELÉCTRICA	2	6.66
ING. MECÁNICA	1	3.33
ING. INDUSTRIAL	2	6.66
ING. SISTEMAS	0	0
TECNOLOGÍAS	8	26.6
MEDIO AMBIENTE	3	10
BELLAS ARTES Y HUM.	4	13.33
EDUCACIÓN	3	10
MEDICINA	4	13.33
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

**2.2 Distribución de investigaciones por facultades en la UTP (período 1993-2000)**

FACULTAD	Fr	%
CIENCIAS BÁSICAS (*)	17	11.56
ING. ELÉCTRICA	13	8.84
ING. MECÁNICA	8	5.44
ING. INDUSTRIAL	4	2.72
ING. SISTEMAS	0	0
TECNOLOGÍAS	15	10.20
MEDIO AMBIENTE	30	20.40
BELLAS ARTES Y HUM.	8	5.44
EDUCACIÓN	24	16.32
MEDICINA	28	19.04
<b>TOTAL</b>	<b>147</b>	<b>100.0</b>

**2.3 Distribución de investigaciones por programa de Ingeniería (período 1993 – 2001):**

PROGRAMA	Fr	%
ELÉCTRICA	13	52
MECÁNICA	8	32
INDUSTRIAL	4	16
SISTEMAS	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>100.0</b>

**2.4 Distribución de publicaciones internacionales por programa de Ingeniería:**

PROGRAMA	Fr	%
ELÉCTRICA	35	59.32
MECÁNICA	23	38.98
INDUSTRIAL	1	1.69
SISTEMAS	0	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>59</b>	<b>100.0</b>

**2.5 Distribución de docentes por escolaridad en cada uno de los programas de Ingeniería:**

PROGRAMA	DOCTOR	MAGISTER	ESPECIALISTA	INGENIERO	TOTAL
ELÉCTRICA	1	8	5	12	26
MECÁNICA	1	12	4	8	25
INDUSTRIAL	1	12	5	1	19
SISTEMAS	0	0	2	2	4
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>74</b>

**2.6 Laboratorios de investigación de las facultades de ingeniería:** La Universidad actualmente no posee en las Ingenierías laboratorios con dedicación exclusiva a la investigación.

**2.7 Programas de postgrado de las ingenierías y sus líneas de investigación**

**ESPECIALIZACIÓN:** Ingeniería Industrial: Administración del desarrollo humano.

**MAESTRÍAS:** **Ingeniería Industrial:** Administración económica y financiera. Líneas: Área administrativa; área económico financiera; área comercial; área general: Investigación operativa y estadística. **Ingeniería Mecánica:** Sistemas automáticos de producción. Línea: Electrohidráulica; Electroneumática; Mecanismos para automatización; Máquinas de control numérico; Sistemas de manufactura flexible; Sistemas integrados por computador. **Ingeniería Eléctrica:** Ingeniería eléctrica. Líneas: Planeamiento eléctrico en ambientes competitivos; Planeamiento de sistemas de distribución, Instrumentación y control.

**3. DIAGNOSTICO**

Nuestra Universidad se encuentra en un período de inicio en lo que corresponde a su actividad investigativa, su desarrollo ha sido muy lento y esto se refleja en lo que a los programas de ingeniería se refiere. Son varias las acciones que ha tomado la Dirección de la Universidad Tecnológica para tratar de fomentar la actividad investigativa, entre ellas podemos mencionar:

- Creación de organismos de fomento y apoyo a la investigación con base en el acuerdo 022 de 1985, emanado por parte del Consejo Superior.
- Formación de personal académico al nivel de postgrado.
- Desarrollo de estímulos a la actividad investigativa, siendo el más importante la aplicación del Decreto 1444 de 1992 que reglamenta el reconocimiento por productividad académica en las Universidades públicas.

A pesar de estas acciones, la investigación en la Universidad Tecnológica enfrenta graves problemas de carácter institucional que deben ser considerados:

- Existe una dicotomía entre docencia e investigación, a los estudiantes de pregrado y de postgrado poco se les involucra en los grupos de investigación, salvo en algunos casos aislados.
- En muy pocas áreas se ha consolidado una actividad investigativa importante y se puede decir que existe un porcentaje casi nulo en lo que respecta a reconocimiento internacional de sus investigadores.

- La estructura orgánica actual es inadecuada e ineficiente para el buen desarrollo de la actividad investigativa.
- En la actualidad el país dispone de personal formado, la Universidad Tecnológica sigue recibiendo personal que en cualquier parte del mundo no tendría vinculación laboral con la institución, sino que estaría como personal en formación en calidad de auxiliar. Las categorías académicas tienen que ver más con categorías salariales.
- El seguimiento de la investigación es prácticamente nulo a pesar de los informes que deben ser presentados. La mayoría de los proyectos no tiene un solo resultado significativo, sin embargo siguen haciendo parte de la actividad investigativa que la Universidad cree que tiene y que desafortunadamente es la que muestra el país.
- La inversión en investigación es definitivamente insuficiente para cubrir las necesidades generadas por estas actividades y su ejecución no siempre es eficiente y pertinente, la consecución de recursos no se ha constituido en un asunto institucional como en universidades de mayor prestigio, esta situación hace que el desarrollo investigativo dependa exclusivamente del presupuesto asignado por la Universidad, y de los pocos proyectos aprobados por Colciencias.

Dentro de los resultados positivos, es importante señalar los siguientes:

- La creación de programas avanzados de formación como las maestrías con tesis basadas en investigación (En la actualidad existen 8 programas, 3 de ellos pertenecientes a los programas de Ingeniería).
- La consolidación de algunos grupos de investigación, aunque ninguno con reconocimiento internacional y solamente dos escalafonados por Colciencias (ninguno perteneciente a los programas de ingeniería), a pesar de ello a algunos se les reconoce por su productividad, es decir por el número de egresados de los programas de maestría y por el número de publicaciones en revistas especializadas, así como la participación en congresos nacionales e internacionales..
- La no-institucionalización de líneas oficiales de investigación y el fomento y apoyo al desarrollo temático libre de influencias económicas y políticas coyunturales.
- La oportunidad para proponer, ejecutar y desarrollar proyectos de investigación. Este aspecto no ha sido igualmente acogido por toda la Universidad.
- Paulatina y lentamente pero en muy pocos casos, se empieza a plantear la investigación interdisciplinaria alrededor de problemas generales reemplazando la visión unidisciplinar imperante.
- La Universidad en general y particularmente en sus facultades de Ingeniería ha venido adquiriendo una infraestructura física importante que puede contribuir al desarrollo de la investigación.

Existen además, debilidades y resultados negativos que se deben considerar y analizar cuidadosamente, entre ellos se podrían mencionar los siguientes:

- Existe una deficiencia en la definición de las funciones profesoriales y una ausencia de políticas claras para diferenciar la investigación de otras actividades que requieren algún apoyo económico, en algunos casos se observa como cualquier actividad que requiere financiación se convierte en un proyecto de investigación. Algunas actividades eminentemente profesionales se pueden presentar como investigación con el fin de alcanzar validez y reconocimiento institucional.
- Existe en la actualidad un déficit en cuanto a la inversión de la Universidad en investigación

y en cuanto a la infraestructura requerida por los programas de postgrado los cuales se deben autofinanciar, todo esto no ha permitido una racionalización en uso de equipos, actualización bibliográfica, etc. Un ejemplo lo constituye la ausencia casi total de financiación para el mantenimiento de equipos ya adquiridos.

- La Universidad tiene como uno de sus objetivos la apertura de programas de postgrado al nivel de maestría y si es posible de doctorado, pero estos requieren ser autofinanciados, la Universidad no puede invertir en ellos y carece totalmente de una política de apoyo económico para los estudiantes.
- A pesar de que en la actualidad la Universidad reconoce la importancia de la investigación, la estructura orgánica rígida que se posee en la actualidad no permite que esta se desarrolle de la mejor forma, en especial en lo que corresponde a la investigación interdisciplinaria.
- No existe unidad de políticas en torno a qué es la actividad investigativa, qué es un proyecto de investigación y a su seguimiento, por esta razón los criterios de aprobación y de seguimiento de los proyectos son diferentes en cada facultad.
- No hay políticas claras respecto a la administración y ejecución de presupuestos, el problema del IVA en estos proyectos depende de la administración central, aún no ha podido definirse claramente que cuando es devuelto por la DIAN siempre debe llegar a los proyectos.

#### **4. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

Es necesario tomar muchas acciones que propicien la actividad investigativa dentro de la Universidad, entre las alternativas de solución podemos mencionar las siguientes:

- Definir muy claramente las funciones del profesorado en lo que respecta a sus actividades de docencia, investigación y extensión.
- Establecer las características deseables que deben tener las personas que aspiren a vincularse como profesores de las Universidad, de tal manera que su perfil obedezca a la nuevas políticas, en las cuales la investigación sea su actividad nuclear.
- Introducir la cultura de la gerencia y la gestión de la investigación y el desarrollo.
- Estimular la vinculación de los grupos de investigación de la Universidad a redes nacionales e internacionales, propiciando el establecimiento de alianzas estratégicas con otros grupos de investigación.
- Establecer claramente como objetivo prioritario de la Universidad la formación de estudiantes con vocación investigativa, en los distintos niveles que ofrece la institución.
- Implementar mecanismos de evaluación de la actividad investigativa, tanto en lo que corresponde a la evaluación de proyectos como de sus resultados, de tal manera que esta mejore en lo que a calidad y competitividad se refiere; lo anterior aconseja evitar la excesiva fragmentación de los grupos de investigación.

#### **5. BIBLIOGRAFÍA**

1. Varios autores, Investigación en la Universidad Nacional, Una mirada desde las sedes. Noviembre de 1999, Bogotá.
2. Varios autores, La educación superior en el siglo XXI, Líneas estratégicas de desarrollo. Marzo de 2000, ANUIES, México.
3. Varios autores, Bases para una política de estado en materia de educación superior. Marzo de 2001, Icfes, Bogotá.
4. Forero Pineda Clemente, De la trampa al desarrollo endógeno, diciembre de 2000, Colombia, Ciencia – tecnología, Vol. 18, No 4, Colciencias, Bogotá.
5. Gutiérrez Martha. Los retos de la investigación. Universidad de Manizales, EXUM 2000.
6. Informe Bricall Universidad 2000, España.
7. Mosquera Mesa Ricardo, Hacia una universidad moderna e investigativa: 1990, Universidad Nacional, Bogotá.
8. Ramírez Gutierrez Napoleón, La ingeniería académica en Colombia, agosto de 1999, Fundación Universidad Autónoma de Colombia, Bogotá. Y OTROS.

# CALIDAD Y MODELADO DE CONOCIMIENTO EDUCATIVO EN COLOMBIA

**Adriana LLAMOSAS ARDILA**

Asistente de Investigación CISMA / CIDLIS, e-mail: [adriamosa@hotmail.com](mailto:adriamosa@hotmail.com)

**Sandra VERA ARCINIEGAS**

Asistente de Investigación CISMA / CIDLIS, e-mail: [milevera75@hotmail.com](mailto:milevera75@hotmail.com)

**Ricardo LLAMOSAS VILLALBA**

Profesor Titular Laureado UIS, e-mail: [nrllamos@coll.telecom.com.co](mailto:nrllamos@coll.telecom.com.co)

Grupo de Investigación de Calidad, Ingeniería de Sistemas y Modelado de Aprendizaje Organizacional - CISMA -

**Centro de Innovación y Desarrollo para la Investigación en Ingeniería del Software – CIDLIS -**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

Carrera 19 Calle 35 Esquina Parque Santander, Sede UIS Bucarica – Oficina 330, Bucaramanga, Colombia

## **Palabras Clave:**

Aseguramiento de Calidad, Modelado de Conocimiento, Gestión de Aprendizaje, Modelado Organizacional, Ingeniería del Software, Ingeniería del conocimiento, ISO9000, Indicadores, Gestión de proyectos, CMM

## **RESUMEN**

Este artículo compara los sistemas de aseguramiento de calidad desde la perspectiva de los procesos organizacionales, de apoyo y de producción en el ciclo de vida de producto, examinando: (1) Los sistemas de aseguramiento de calidad en el contexto productivo y de servicios (ISO9000:2000) y el sector educativo (Sistema Nacional de Acreditación); (2) La correspondencia entre los modelos de evaluación del Consejo Nacional de Acreditación e ISO9000:2000; y, (3) La investigación en ingeniería del conocimiento desarrollada por el grupo CISMA del Centro de Investigación CIDLIS de la UIS para la gestión de conocimiento, capacidades y competencias de aprendizaje (proyecto GAYA), con el objeto de establecer una red colaborativa (todos para uno) y cooperativa (uno para todos) concebida como unidad sectorial de normalización en educación. Dicha unidad se aprecia como un sistema soportado en nuevas tecnologías tele-informáticas, y, en los distintos agentes de la educación (entidades, gobierno y comunidades), quienes modelan, comparten, despliegan, monitorean y hacen consenso en los diferentes conocimientos asociados con los procesos educativos, principalmente en aspectos de como hacer y establecer políticas de aseguramiento y modelado de procesos de calidad sobre configuración y requisitos de insumos, recursos y productos y / o servicios.

## **1. INTRODUCCIÓN.**

El aseguramiento de la calidad en las instituciones de educación superior en Colombia, es un proceso en evolución partir de los principios establecidos por la Ley 30/1992, la administración del Consejo Nacional de Educación Superior (CESU)<sup>1</sup> y las acciones del Sistema Nacional de Acreditación(SNA) y el Consejo Nacional de Acreditación (CNA). Este documento plantea un modelo genérico de aseguramiento de calidad para establecer como comprobar los compromisos legales entre clientes<sup>2</sup> y proveedores y así poder comparar los modelos CNA e ISO, y entonces, interpretar su conveniencia, complemento y apoyo a la calidad de las Instituciones Educativas<sup>3</sup>. En este documento se trata de demostrar que la autonomía universitaria (Ley 30/1992, Artículo 28) no se afecta por los modelos de calidad, dado que

<sup>1</sup> Organismo encargado de las políticas, mecanismos de evaluación y la reglamentación de la educación superior; acreditación, información, exámenes del estado, creación de instituciones, creación de programas académicos,...

<sup>2</sup> Requisitos de aseguramiento de calidad en diseño y desarrollo, producción, instalación y servicio asociado (ISO9001), aseguramiento de calidad producción, instalación y servicio asociado (ISO 9002) y aseguramiento de calidad en pruebas y ensayos finales (ISO 9003).

<sup>3</sup> El CNA establece que la calidad en la educación superior es el esfuerzo continuo de las instituciones por cumplir en forma responsable con su función docente, de Investigación y de proyección social.

el modelo funciona expresamente sobre la autonomía de las organizaciones<sup>4</sup> respecto a su misión, organización, programas académicos<sup>5</sup> y perfeccionamiento interno (auto - evaluación<sup>6</sup>)<sup>7</sup> y externo.

El documento enfatiza, en el proceso de certificación en sistemas de calidad, a partir de la auditoría externa, orientada por auditores expertos legalmente acreditados, quienes obran en representación de la respectiva organización certificadora<sup>8</sup>, en nuestro caso, CNA.

Destacamos, en esta introducción, que el trabajo se apoya en los esfuerzos del Centro de Innovación y Desarrollo para la Investigación en Ingeniería del Software (CIDLIS) de la Universidad Industrial de Santander, con sus grupos de Investigación CISMA, GAITA, TESIS y GUIA, en la interpretación de estándares en diferentes campos del conocimiento; Software (IEEE), Telecomunicaciones (Trillium), Educación (LTSA), Sistemas y Organizaciones Diversas (ISO), quienes están encargados de proponer alternativas, en este caso al desarrollo al sector educativo colombiano; la propuesta establece, la creación de una unidad sectorial de normalización acorde con los requisitos de calidad educativa y conforme con las políticas y directrices del SNA.

Este artículo tiene 10 capítulos: (1) El primero resume el documento y sus características e impactos esperados. (2) El segundo introduce, detalla y describe la organización del artículo. (3) El tercero establece las bases de un sistema de aseguramiento de calidad en educación. (4) El cuarto estudia el modelo de ISO9000 y sus requisitos de certificación. (5) El quinto profundiza en el modelo del SNA y sus requisitos. (6) El sexto indaga en la correspondencia entre los requisitos SNA e ISO9000. (7) El séptimo resume el trabajo de investigación GAYA y sus efectos en la educación. (8) El octavo integra los esfuerzos del CNA, ISO9000 y GAYA en beneficio del aseguramiento de calidad de la educación en Colombia. (9) El noveno establece conclusiones y resume lo expresado en este documento. (10) El décimo presenta las referencias bibliográficas de este artículo.

## **2. SISTEMAS DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.**

### **2.1. Aseguramiento de Calidad.**

El aseguramiento de la calidad<sup>9</sup> es un proceso para comprobar satisfacción del cliente<sup>10</sup> respecto a calidad de producto y/o servicio. Esta acción impone mediciones de las características que definen la calidad y que varían entre clientes o proyectos; razón que propone la investigación como un medio para identificar características a medir y evaluar [10].

### **2.2. Sistema de Aseguramiento de Calidad**

Entender el concepto de sistema; definido [11] [12] como una colección de componentes organizados, que interactúan entre sí, para cumplir una función o conjunto de funciones específicas, como perspectiva, para entender la función como proceso [13], plantea extender la función como un sistema de actividades que utiliza recursos que transforman entradas en salidas, enmarcadas éstas, en un meta - sistema de aseguramiento asociado a los procesos, para certificar que el cliente recibe el producto acordado, y por lo tanto, queda satisfecho.

### **2.3. Modelo del Sistema de Aseguramiento de Calidad en Educación.**

El modelo de un sistema de aseguramiento de calidad, lo establecemos a partir del árbol de procesos de ciclo de vida de producto, un concepto ampliado de proceso, el concepto de educación y la satisfacción del cliente interno y externo.

#### **2.3.1. Árbol de procesos de ciclo de vida de producto.**

Una versión modificada del árbol de procesos de ciclo de vida software<sup>11</sup> [15-16] es alternativa para definir los procesos educativos. El currículo educativo es un patrón configurable de componentes (figura No. 1), con: (1) Procesos primarios; actividades de establecimiento de necesidades educativas (adquisición); definición y acuerdos de perfiles

<sup>4</sup> "Responsabilidad Gerencial" establece compromisos y criterios de alta dirección institucional para con la calidad de los servicios y/o productos ofrecidos y de los procesos mediante los cuales éstos se obtienen.

<sup>5</sup> Acciones de correcta definición, diseño, desarrollo y aplicación de programas académicos, están cubiertas por "Control de Diseño".

<sup>6</sup> El perfeccionamiento corresponde al mejoramiento continuo inherente con "Acciones correctivas y preventivas" para innovar y mantener el cambio de los procesos organizacionales y administrativos, cualificados a través de procesos de "Inspección y Ensayo".

<sup>7</sup> Evaluación realizada por una institución mediante actividades sistemáticas orientadas al auto - diagnóstico (auditorías internas) periódico de su capacidad para cumplir los niveles y características de calidad definidos con el objeto de mantener su calidad y mejorarla

<sup>8</sup> En Colombia, la Superintendencia de Industria y Comercio para ISO9000 ó el ministerio de Educación Nacional en Educación.

<sup>9</sup> El aseguramiento de calidad se define como [9] "Conjunto de acciones planificadas y sistemáticas implantadas dentro del sistema de calidad, y demostrables si es necesario, para proporcionar la confianza adecuada de que una entidad cumple los requisitos para la calidad". Aclarando que estos requisitos reflejan totalmente las necesidades y expectativas del usuario respecto a las características inherentes de un producto o proceso.

<sup>10</sup> En educación, los clientes de una organización educativa pueden ser [14]: Educandos, Padres o tutores, Organizaciones que contratan servicios educativos, Estado Nacional, provincias, municipios cuando contrata servicios para terceros, Empleadores y futuros empleadores, Organizaciones educativas receptoras de educandos provenientes de un nivel diferente o inferior de formación. En un sentido amplio, la sociedad es el cliente".

<sup>11</sup> Periodo que comienza cuando el producto es concebido y termina cuando el producto no es útil.

educativos (suministro); diseño, desarrollo, prueba, validación y montaje de programas (desarrollo); uso (Educación e Instrucción) y actualización de programas (mantenimiento). (2) Proceso Organizacional; actividades que establecen la arquitectura organizacional de los componentes de administración, infraestructura, entrenamiento del recurso humano y el mejoramiento general. Y, (3) Proceso soporte: actividades documentales, administrativas, de configuración (administración de componentes esenciales para realizar una buena educación, v. g. profesores, conocimiento, cursos, etc.), de aseguramiento de calidad, de verificación y validación (del desarrollo del currículo), y de auditoría y revisión conjunta (como estrategias de mantenimiento).

### 2.3.2. Modelo de Aseguramiento de calidad para un proceso.

El proceso (figura No. 2) está constituido por entradas, salidas, recursos y políticas, que ligan todos los mencionados componentes a través de objetivos, variables, límites y restricciones. El conocimiento asocia al proceso en sí (bloque central) en actividades de dirección, planificación, calidad, administración y producción, relacionadas con los procesos estratégicos (coordinación de acciones), la táctica (modo de conducir actividades para conseguir resultados), la logística (métodos y medios relativos a la organización de acciones) y la producción (el hacer).

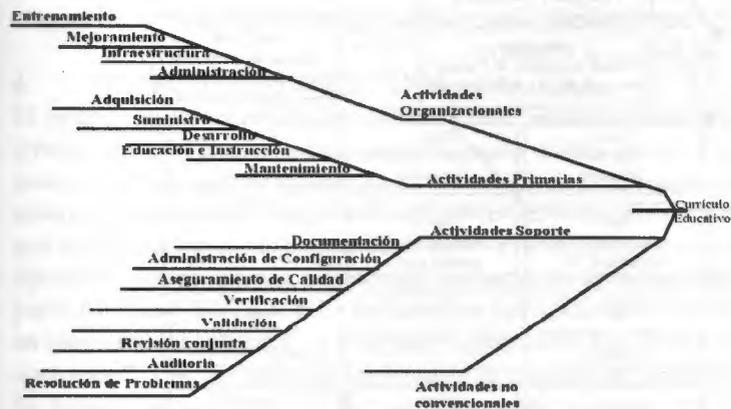


Figura No. 1. Árbol de procesos de ciclo de vida de productos educativos

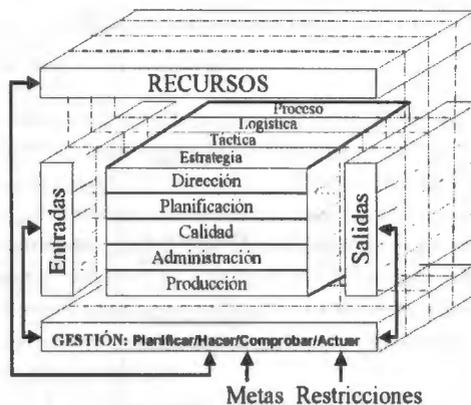


Figura No. 2. Aseguramiento de Calidad de Proceso

### 2.3.3. El significado de Educación.

La educación [17] se entiende como un conjunto de prácticas o actividades ordenadas, a través de las cuales, un grupo social ayuda a sus miembros a asimilar conocimiento como cultura colectiva organizada, para prepararlo para una intervención activa en el proceso social. El proceso educativo dispone de acciones de seguimiento, asimilación y desarrollo de conceptos, conductas, valores y patrones de comportamiento humano.

### 2.3.4. Síntesis del Modelo de Aseguramiento de calidad en Educación.

Un sistema aseguramiento de calidad en educación, es un medio de comprobar, si una institución educativa transforma el recurso humano en un ente caracterizado por conceptos, conductas, valores y patrones culturales, profesionales y ocupacionales, preestablecidos. Este sistema debe disponer, por lo tanto, de conocimientos e instrumentos metrológicos para evaluar el proceso, el producto (egresado) y sus subproductos.

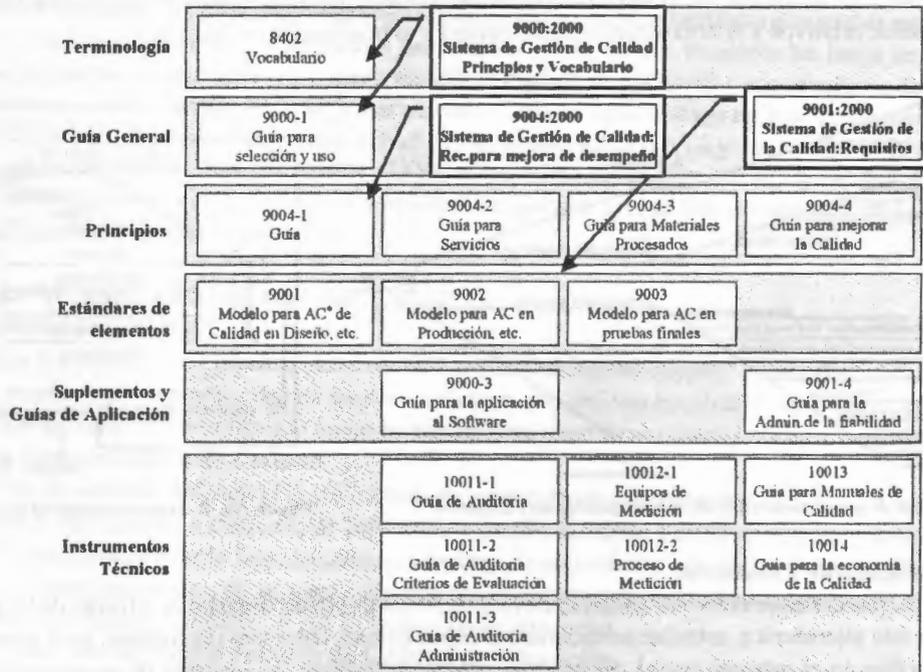
## 3. SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD ISO9000

El modelo genérico de un estándar de aseguramiento de calidad como ISO9000:2000 (figura No. 3), se representa en un esquema matricial, donde las filas representan visiones estratégicas (terminología y guía general), tácticas (principios), logísticas (estándares de elementos) y operativas (suplementos y guías de aplicación e instrumentos técnicos) y las columnas asocian los procesos organizacionales de dirección, planificación, calidad, administración y producción.

El modelo ISO9000:2000 [11] (figura No. 4) reconoce al cliente, como elemento para definir los requisitos de la calidad, monitorear la satisfacción del cliente, percibir el grado de cumplimiento de los requisitos, hacer uso de la metodología "Planificar - Hacer - Verificar - Actuar" (PDCA)<sup>12</sup> en todos los procesos. ISO9000:2000 se apoya en los principios: (1) Satisfacción del cliente, (2) Papel del liderazgo, (3) Entorno del recurso humano, (4) Enfoque al proceso del negocio (5) Enfoque sistemático para administración, (6) Mejoramiento continuo, (7) Enfoque basado en supuestos válidos demostrados para la toma de decisiones y (8) Beneficio mutuo con el proveedor.

<sup>12</sup> Planificar: Objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización; Hacer: implementación de procesos; Verificar: seguimiento y medición de procesos y productos contra políticas, los objetivos y los requisitos del producto e Informe de resultados; Actuar: mejora continua el desempeño de los procesos.

Los principios ISO9000 se plasman en 5 requisitos con 51 características: (1) **Cláusula 4: Sistema de Gestión de Calidad** con 5 características; procesos para su establecimiento, documentación, implantación y mantenimiento en una organización. (2) **Cláusula 5: Responsabilidad Gerencial** establece 11 características: procesos respecto al cliente, parte legal, políticas, planes del sistema de gestión de la calidad; responsabilidad y autoridad; representante; comunicación; manual de calidad; control de documentos; control de registros y revisión general. (3) **Cláusula 6: Gestión de recursos** con 5 características de asignación, capacidad, entrenamiento, calificación y juicio personal, información, infraestructura y ambiente de trabajo. (4) **Cláusula 7: Realización del producto** o servicio con 5 características relacionadas con el cliente; Identificación y revisión de requisitos y comunicación, diseño y desarrollo, compras, operaciones de producción y servicio, y, control de equipos de medición y monitoreo. (5) **Cláusula 8: Medición, análisis y mejora** con 10 características de medición y monitoreo de procesos, productos o los servicios, satisfacción, auditorías internas, control de no conformidades y análisis de mejora.



\* AC = Administración de la Calidad

Figura No. 3. Visión Genérica del estándar de Calidad ISO9000

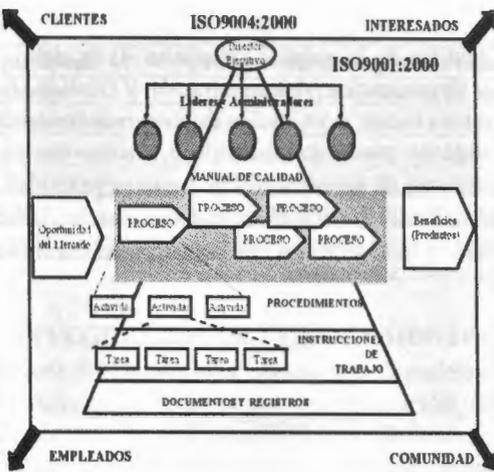
El modelo de calidad ISO se apoya en un sistema de documentación (explicación a la derecha de la Figura No. 4). La validación de sistemas ISO se apoya en Certificaciones y Acreditaciones. La certificación refiere al proceso seguido para establecer como, quien y las condiciones de cumplimiento de requisitos de calidad de una norma en la organización. La acreditación asocia al proceso para comprobar ante la entidad certificadora que una entidad cumple los mencionados requisitos, para que esta última, presente conformidad o inconformidad ante el organismo competente, quien emite, en definitiva, el fallo correspondiente. Bajo esta perspectiva las entidades certificadoras o las que deseen ser acreditadas deben someterse a un proceso de evaluación para demostrar competencia. Así, la auditoría o inspección aplica a la certificación o a la acreditación, con dos acciones: (1) El chequeo de documentación relativa al sistema de calidad: manuales de calidad, de procedimientos, etc., y, (2) La validación sobre lo que se hace está escrito y lo que está escrito se hace. El proceso de acreditación se consigue a través de actividades de auditorías de 1ra.<sup>13</sup>, 2da.<sup>14</sup> ó 3ra. parte<sup>15</sup>. El proceso completo de una auditoría puede ser muy largo, si se cuenta el tiempo desde el primer contacto<sup>16</sup> hasta el momento de la auditoría. Por lo tanto, debe planificarse y dirigirse cuidadosamente.

<sup>13</sup> Auditorías de 1ra. Parte, son el mecanismo propio institucional para certificar la calidad interna de los procesos.

<sup>14</sup> Auditoría de 2da. Parte, hecha por auditores internos, establecen documentación y cultura de calidad; es alistamiento de certificación..

<sup>15</sup> Auditoría de 3ra. Parte, Conformidad de auditores acreditados (Ej. ICONTEC) ante organismos oficiales de certificación.

<sup>16</sup> Y si no se trunca el proceso tempranamente al encontrar errores graves al inspeccionar la documentación.



(1) **Manual de calidad** (tope de la figura) refleja el sistema de calidad de la empresa. Presenta formalmente a clientes y proveedores el sistema de calidad a través de mapa de navegación entre requisitos, procesos, procedimientos, instrucciones y registros de calidad. (2) **Manual de procedimientos** expresa y establece un estrategia para garantizar calidad de productos a través de la descripción formal de actividades de proceso (Parte media de la figura. 4, es conocimiento o "know how"). (3) El detalle de las acciones particulares de cómo hacer, labor asociada procedimientos, se discrimina a través de **instrucciones de trabajo** (parte media baja de figura). (4) **Los registros** (ápice, de la Figura) establecen evidencia de seguimiento de recursos, insumos y productos; ascendentemente se reflejan en procedimientos y procesos.

Figura No. 4. Componentes del sistema de Calidad ISO9000/2000

Sistema Documental ISO

ISO9000 y su sistema documental

4. MODELO DE ACREDITACIÓN DEL CNA.

El modelo para la Acreditación [8] del CNA<sup>17</sup> contiene elementos acordes con las normas legales del SNA. Los criterios guían el proceso y las características de calidad de los programas e instituciones educativas en Colombia. El modelo de Acreditación incluye: a) La evaluación de la calidad realizada por la misma institución sobre la base de los criterios, características, variables e indicadores definidos por el CNA, b) La evaluación realizada por pares académicos, que utilizan, como punto de partida, la auto - evaluación para verificar resultados, identificar condiciones internas de operación o de programas, y concluye, con un juicio sobre la calidad institucional, y c) La evaluación final realizada por el CNA apoyada en la auto-evaluación y la evaluación externa. Por razones técnicas y prácticas, su función inició en programas académicos de pregrado<sup>18</sup>, evolucionó a la acreditación de programas de especialización, maestría y doctorado<sup>19</sup>, y actualmente, se implementa en procesos de acreditación institucional[8]<sup>20</sup>.

El proceso de acreditación CNA se fundamenta en 4 niveles; Factores, Características, Variables e Indicadores [2][3][4][5][6][7]. Tiene 7 factores<sup>21</sup> y 66 características, más de setecientas variables y un conjunto de indicadores de variables, que funcionan como instrumentos de inspección y ensayo.

5. CORRESPONDENCIA ENTRE CNA E ISO9000:2000.

La correspondencia entre factores y características del CNA, y, requisitos y características ISO9000:2000 fue hecha por CISMA / CIDLIS en la UIS. El modelo usó matrices de selección[18] para comparar CNA e ISO9000:1994[1], y, la correspondencia entre ISO9000:1994 e ISO9000:2000[11]. El análisis se hizo en el CIDLIS<sup>22</sup> (Figura No. 5, tabla No. 1) y valoró correspondencia entre factores y características de 1er. nivel descritas en 3. y 4. en este documento. La correspondencia<sup>23</sup> (figura No. 5) detalla características de 2do. nivel de los factores CNA y los requisitos ISO9000:2000, comparando las 66 características CNA con las 51 características de los requisitos ISO. Los resultados se promedian de acuerdo a las agrupaciones de nivel 1 (parte inferior Figura No. 5), las filas representan los factores CNA y las columnas los requisitos ISO. El contenido de la tabla indica la correspondencia entre factores (filas) y requisitos (columnas etiquetadas como 4, 5, 6, 7, y 8). Ej. El factor CNA: recursos físicos y financieros (fila 7) tiene una correspondencia de débil (0.22) con el Requisito ISO: realización del producto (columna 4).

Algunas conclusiones de las evaluaciones son: (1) Hay poca correspondencia entre los factores CNA y los requisitos ISO; Recursos Físicos y Financieros, factor 7, es del mayor correspondencia; y Organización, Administración y Gestión, factor 5, es el factor de menor correspondencia. (2) Hay mas (área sombreada del gráfico es mayor) correspondencia entre los requisitos ISO y los factores CNA; Gestión de recursos, requisito 6, es el factor de mayor correspondencia y Medición, análisis y mejora, requisito 8, es el de menor correspondencia. (3) La correspondencia entre el proceso de

<sup>17</sup> El CNA es la entidad Certificadora y el Ministerio de Educación el organismo legal que emite credenciales de acreditación institucional.

<sup>18</sup> Un programa académico usa el calificativo de «acreditado» si ha culminado satisfactoriamente el proceso de acreditación.

<sup>19</sup> A partir de los criterios de la Comisión Nacional de Maestrías y Doctorados, artículo 5, 1b, Decreto 2791/1994. Ley 115 de 1994.

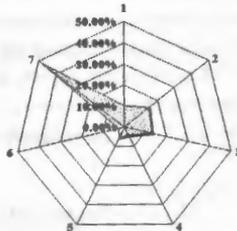
<sup>20</sup> El modelo de acreditación institucional tiene 7 factores, 31 características y mas de 90 variables.

<sup>21</sup> Los factores son: 1) Proyecto Institucional (10 características), 2) Estudiantes y Profesores (17 características), 3) Procesos Académicos (16 características), 4) Bienestar Institucional (5 características), 5) Organización, Administración y Gestión (5 características), 6) Egresados e Impacto sobre el Medio (2 características), 7) Recursos Físicos y Financieros (7 características).

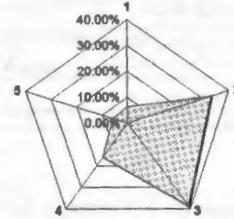
<sup>22</sup> Es aconsejable repetir el ejercicio en otras poblaciones, Sin embargo, la acción es aporte metodológico constructivo

<sup>23</sup> La dependencias se clasificaron como fuertes, normales, medias, débiles o ausentes, valoradas con 4, 3, 2, 1 o 0, respectivamente.

auto evaluación y auto regulación (factor 6) y el sistema de gestión de la calidad (requisito 4) es débil. (4) La correspondencia entre Medición, análisis y mejora (requisito 8) y Organización, Administración y Gestión (factor 5) es débil. (5) La correspondencia entre Recursos Físicos y Financieros (factor 7) y Gestión de Recursos (requisito 6) es alta. (6) El modelo de proceso de ISO se apoya en ciclos de vida de producto (apartado 3.), sobre los cuales se establecen procesos<sup>24</sup> y técnicas estándar<sup>25</sup>. El modelo del SNA, es guía de acreditación de mejores prácticas. (7) La documentación CNA debe equipararse al sistema ISO9000 convirtiendo el manual de condiciones iniciales en un manual de calidad; un manual de procedimientos ligado a procesos; e Instrucciones con registros de seguimiento de comprobación y validación de requisitos.

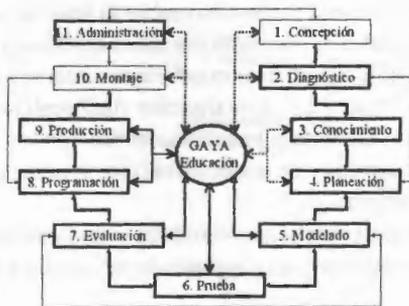


Correspondencia entre factores CNA y requisitos ISO9000:2000



Correspondencia entre requisitos de ISO9000:2000 y factores CNA

**Figura No. 5. Correspondencia de importancia Factores CNA y requisitos de Calidad ISO9000/2000**



**Figura No. 6. Modelo de GAYA /IE**

CNA / ISO	4	5	6	7	8	Total	%
1	0.24	1.38	1.04	0.69	0.28	3.61	10.17%
2	0.13	1.80	2.38	0.64	0.36	5.30	14.93%
3	0.53	1.18	1.63	0.90	0.36	4.60	12.95%
4	0.00	0.65	0.68	0.22	0.08	1.63	4.58%
5	0.24	0.90	0.71	0.20	0.00	2.04	5.75%
6	0.00	0.14	0.44	0.38	0.04	0.99	2.79%
7	1.10	5.71	6.93	2.67	0.93	17.35	48.83%
<b>Total</b>	<b>2.23</b>	<b>11.75</b>	<b>13.79</b>	<b>5.70</b>	<b>2.04</b>	<b>35.52</b>	<b>100%</b>
<b>%</b>	<b>6.28%</b>	<b>33.09%</b>	<b>38.84%</b>	<b>16.05%</b>	<b>5.75%</b>		<b>100%</b>

**Tabla No. 1: Resumen estadístico**

**6. GAYA: UN PRODUCTO INVESTIGATIVO SOBRE MODELADO DE CONOCIMIENTO EDUCATIVO.**

GAYA / IE es un modelo de conocimientos sistémico y sistemático [20] para desarrollar y establecer procesos y medición continua en entidades educativas. Las entidades son estructuras de componentes organizacionales y funcionales de información, procesos, recursos, indicadores, variables y descriptores. Su comportamiento se representa computacionalmente con motores de simulación o pruebas piloto. GAYA es fundamento de acción interactiva para lograr conformidad con mejores prácticas formalmente documentadas y evidenciar cumplimiento de misión, políticas y objetivos orientados por el pensamiento estratégico para proveer prospección y mejoramiento como estrategia de cambio. GAYA con 11 pasos (Tabla No.2, Figura No. 6) se apoya en un software de modelado organizacional y un sistema que madura en 5 estados: (1) Reconocimiento<sup>26</sup> (2) Habitación<sup>27</sup>; (3) Formalización<sup>28</sup>; (4) Administración<sup>29</sup>; Y, (5) Optimización<sup>30</sup>. Los productos GAYA son: a) El modelo Estratégico, Logístico, Táctico y Operativo de Gestión. b) El Centro de apropiación Tecnológica; c) El Software; d) La Verificación y validación [20] <sup>31</sup>.

Etapa	Actividad
1. Concepción	Identificación de necesidad y decisión para desarrollar un proceso
2. Diagnóstico	Selección de entidades a modelar y necesidades de formación y conocimiento del proceso.
3. Conocimiento	Preparación del recurso humano que intervendrá en el proceso.
4. Planeación	Alcances, políticas, objetivos, actividades y recursos para cumplir proceso de entidad.

<sup>24</sup> Un estándar [19] es guía de comportamiento de libre elección, sujeta a mejores prácticas; Ej. Proceso financiero de una institución.  
<sup>25</sup> Las técnicas estándar se sustentan en tecnología y modelos de conocimiento proyectados desde procesos estándar; es "Know How"  
<sup>26</sup> Una Institución está en reconocimiento si se comunica inadecuadamente, sus procesos son limitados, "ad hoc" y de éxito individual  
<sup>27</sup> Una Institución está en habitación si rastrea costos, planes, programas y funcionalidad. El estado repite éxitos tempranos similares  
<sup>28</sup> Una Institución está en formalización, si sus actividades están integradas en procesos estándar apoyados en procedimientos aprobados  
<sup>29</sup> Una Institución es administrada si mide y registra, periódicamente, características recursos y productos, y los procesos son controlados  
<sup>30</sup> Una Institución es optimizada, si realiza mejoramiento continuo a través retroalimentación cuantitativa y valorada de procesos.  
<sup>31</sup> 8 Ingenierías y Tecnologías como Electrónica, Civil, Industrial, Sistemas; y Bienestar, Investigación y Administración Universitaria.

5. Modelado	Desarrollo del modelado de una entidad organizacional piloto usando el software.
6. Prueba	Simulación o ejecución de modelo piloto.
7. Evaluación	Evaluación de prueba piloto, que decide si se sigue con la fase 8 o repiten las fases 5, 6 y 7.
8. Programación	Plan de actividades y asignación de recursos para el montaje de la entidad organizacional.
9. Producción	Implementación de la entidad organizacional de acuerdo a la programación de la etapa 8.
10. Montaje	Entrenamiento e Instalación de la entidad organizacional producida en la etapa 9.
11. Administración	Administración y uso de la entidad Organizacional montada en la etapa 10.

Tabla No. 2. Descripción de las etapas de la GAYA / IE

## 7. INTEGRACIÓN DE CONOCIMIENTOS: SNA, ISO Y GAYA.

La visión de futuro percibe 2 estrategias: el modelado y despliegue de conocimiento hacia las instituciones educativas. El conocimiento asocia procesos de formación, administración, infraestructura, actualización y mejoramiento del recurso humano; y, de documentación, administración, información y equipamiento y el aseguramiento de calidad, verificación y validación curricular, revisión conjunta y auditoría.

Las estrategias plantean: a) El emprendimiento y desarrollo formal de conocimiento (cómo hacer) de las entidades académicas, para concretar un sistema calidad y conocimiento que satisfaga a las propias entidades educativas, el gobierno y la sociedad. b) El Despliegue y monitoreo de conocimiento, teniendo en cuenta los entornos y sus culturas. El proceso de modelado<sup>32</sup> debe liderarse, de acuerdo a la proficiencia y cultura de calidad institucional a través de la colaboración y cooperación de la comunidad académica y administrativa de las instituciones educativas.

## 8. CONCLUSIONES Y AGRADECIMIENTOS.

Este artículo ha presentado: (1) Una visión del aseguramiento de calidad en educación. (2) Un aporte a la construcción de sistemas de calidad en la educación. (3) Un planteamiento para establecer una unidad sectorial de normalización en educación soportada en nuevas tecnologías y constituida por los interesados. Los autores de este artículo agradecen al CIDLIS, la Dirección General de Investigaciones UIS, COLCIENCIAS, ICFES, ITI Colombia y las instituciones educativas, participantes en el proyecto GAYA, por su apoyo y aportes.

## 9. REFERENCIAS

- [1] SARMIENTO C. *ISO 9001/94 y lineamientos de acreditación*, CISLIS, UIS, Bucaramanga, Colombia, 1999.
- [2] CNA, *Lineamientos para la acreditación*, 3ra. Edición, SNA, MEN, Bogotá, Colombia. Febrero 1.998
- [3] CNA, *Criterios y Procedimientos para la Acreditación Previa de Programas Académicos de Pregrado y de Especialización en Educación*, Acreditación Previa, SNA, Bogotá, Colombia, Junio 1.998
- [4] CNA, *Apreciación de condiciones iniciales: Guía procedimiento*, 2da. Edición, MEN, Bogotá, Col., Junio 1998.
- [5] CNA, *Auto evaluación con fines de acreditación, de programas de pregrado, guía de procedimiento -CNA 02-* 2da. Edición, SNA, MEN, Colombia, Bogotá. Diciembre 1998
- [6] CNA, *Guía para la evaluación externa con fines de acreditación de programas académicos de pregrado, Guía de procedimiento -CNA 03-*, SNA, MEN, Colombia, Bogotá. Diciembre 1998
- [7] CNA, *Lineamientos para la acreditación institucional*, SNA, MEN, Colombia, Bogotá, Colombia, Diciembre 2.000.
- [8] AENOR, *UNE-EN-ISO 8402 Gestión de la calidad y aseguramiento de calidad. Vocabulario*, AENOR, 1995
- [9] Sanz F. L. y Alarcón R. M. I. *Necesidades de medición en la gestión y el aseguramiento de calidad del software*, Universidad Europea de Madrid, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, Enero 1999.
- [10] ISO, *Sistemas de gestión de la calidad. principios y vocabulario. ISO9000:2000*, NTC., 1999.
- [11] IEEE, *Comité de Normas, Sociedad IEEE, IEEE 610.12-1990: Terminología de Ingeniería Software*, Sep. 1990.
- [12] Llamosa et al, *Propuesta del Proyecto GAYA, UIS, Colciencias*, Junio 1999.
- [13] Instituto Argentino de Normalización. *IRAM3000, Interpretación de ISO 9001:2000 en educación*, Nov., 2000.
- [14] Computer Society IEEE, *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*, IEEE Std. 610.12-1990.
- [15] IEEE/EIA, *IEEE Standard for Information Technology. Software Life Cycle Processes*, March 1998.
- [16] Arteaga J, Glosario de Educación [jarteaga@lander.es](mailto:jarteaga@lander.es). [www.monografias.com](http://www.monografias.com)
- [17] Llamosa R., *Enfoque práctico de Mejoramiento Continuo en Educación*. GAYA - UIS -Colciencias, Junio 2000.
- [18] IEEE, *The IEEE Standards Companion: Lessons Learned About the Standards Process*, IEEE, 1995.
- [19] Llamosa et al, *GAYA*, Contrato 366-9, Informe Final COLCIENCIAS, CIDLIS, UIS, Septiembre 2000
- [20] Paul M et al, *CMM*, <http://www.sei.cmu.edu/cmm/papers/cmm.pdf>. IEEE Software, V. 10, No. 4, July 1993, pp. 18-27.

<sup>32</sup> Redes de conocimiento en Internet, centros de integración, despliegue y monitoreo en entidades educativas y organismos interesados.

# EL CURRÍCULO DE FÍSICA EN LOS PROGRAMAS DE INGENIERIA EN LAS UNIVERSIDADES DEL EJE CAFETERO

José Gómez  
Decano

Facultad de Ciencias Básicas

Luis E Llamosa R.  
Director

Centro de Investigaciones UTP

William Ardila U  
Director

Esp. Inst Física

PROFESORES DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

**Resumen:** El alto número de programas de Ingeniería, más de 90 en el país, ha llevado al ICFES a cuestionar su calidad; una reciente resolución pretende limitar el número de programas y obligar a las Universidades a justificar sus planes de estudio. El comercio de la Educación en algunas Universidades ha generado este caos académico, en particular el papel de los currículos de los cursos de Física se han visto seriamente afectados. Por tal razón; no es extraño encontrar Ingenierías con cursos de Física por ejemplo: Física I y Laboratorio de Física I con intensidad horaria de 4 horas semanales, lo que a las claras no solamente hace imposible su homologación por otras universidades sino también su cuestionamiento a nivel de contenido. Igualmente resulta preocupante que algunos programas de Ingeniería pretendan utilizar sus propios profesores Ingenieros para dictar los cursos de Física, con el pretexto de que ellos abordarán los temas propios que realmente se necesitan cuando cursen materias de la especialización y se han llegado a plantear propuestas como la de eliminar los cursos de Física para ser reemplazados por temas en los cursos de especialización de la carrera. Un caso similar ocurrió en nuestro programa de Medicina que eliminó la Física para Médicos con este argumento.

En este artículo se pretende abordar el problema de la homogeneidad de los currículos de Física en los programas de Ingeniería. Se utiliza documentación oficial, encuestas y otros documentos probatorios y se presenta una alternativa acorde al convenio Andrés Bello que recomienda el fortalecimiento de las Ciencias Básicas.

## 1. MARCO TEORICO

La Ingeniería se define como la Profesión en la que el conocimiento de las matemáticas y de las Ciencias Físicas y Naturales, obtenido por el estudio, la experiencia y la practica se aplica, con sentido común desarrollando caminos para utilizar de forma económica los materiales y las fuerzas de la naturaleza para el beneficio de la humanidad.

La Ingeniería como profesión se orienta a mejorar la calidad de vida a través del diseño y producción de bienes e implantación de procesos y servicios utilizando como recursos profesionales esenciales el conocimiento de las Ciencias Naturales: Física, Química, Biología. Por lo tanto los Ingenieros deben tener una buena formación básica, aunque a partir de un momento determinado sea necesaria una especialización que no tiene que hacer perder el interés por el conocimiento global. En esa

buena formación básica debe estar, como raíz del árbol de conocimientos, la física aplicada y las matemáticas que le permitan enfrentarse a problemas novedosos y distintos, y además actuar con sentido físico de las cosas. Por poseer estos conocimientos básicos es por lo que algunos Ingenieros trabajan junto a físicos, Químicos, Biólogos y Matemáticos en tareas investigadoras.

Ante esta definición de Ingeniería y el papel del Ingeniero en la Sociedad se puede calcular la magnitud de la responsabilidad de los planes de estudio en sus programas, currículos que han evolucionado a lo largo de la historia del desarrollo de la Ingeniería.

**1.1 Periodos de la Educación en Ingeniería Universitaria:** Un periodo que llega hasta el término de la época de los cuarenta, donde la educación tendió a ser muy práctica y cercana a los problemas del desempeño profesional. Fueron características de ese periodo la existencia de numerosas asignaturas de naturaleza profesional y concepción estática de los sistemas productivos.

El segundo periodo parte aproximadamente de la década de los cincuenta. Genera cambios drásticos de la concepción educativa en Ingeniería, los avances tecnológicos de la segunda guerra mundial y de la naciente era espacial. Tales avances soportados por las ciencias exactas, indujeron drásticas revisiones curriculares reducidas en tópicos profesionales y fuertemente reforzados en Matemáticas, Física, Química y Ciencias de la Ingeniería. Se supuso que una persona con buen conocimiento de esas materias estaba bien preparada para un ejercicio profesional eficaz.

El tercer periodo se inició bajo la conciencia de que la competitividad económica se fundamenta en su capacidad para emplear y crear tecnología. En este periodo han ocurrido cambios curriculares tendientes a introducir el diseño, creatividad, gestión y visión social de la Ingeniería; aparece entonces el concurso de las Ciencias Sociales y las Humanidades.

## 2. DIAGNOSTICO

Se visitó cada uno de los programas de Ingeniería que ofrecen las diferentes universidades de eje cafetero y se constató la información aquí consignada:

- Algunas Universidades solo ofrecen uno o dos cursos de Física con una Intensidad relativamente baja, para lo extenso de los contenidos planteados. Por ejemplo un curso de física de cuatro horas semanales, dos horas de laboratorio y dos de teoría para desarrollar los contenidos de la mecánica, otra universidad puede en un solo curso de Física desarrollar la teoría y laboratorio de la mecánica, fluidos y electromagnetismo.
- Algunos programas no tienen guías de laboratorio ni equipo para realizar las prácticas propuestas en el programa.
- Los contenidos de los programas de Física difieren de unas Universidades a otras.
- Hay programas de Ingeniería en los cuales no se dicta ningún curso de Física
- Existen diferencias en el enfoque pedagógico en la enseñanza de la Física, puesto que algunos programas de Ingeniería dan más importancia a la conceptualización que a la práctica y otros a la inversa. No existe homogeneidad en: la Intensidad horaria, número de cursos y mínimos de cada curso.
- La Bibliografía es inadecuada en algunos casos. La bibliografía recomendada no la tiene ni la biblioteca ni el Profesor, ni el estudiante y hasta las librerías locales no la tienen en existencia.
- Algunos Profesores de Física tienen la libertad para plantear los laboratorios que el considere conveniente, tanto en contenido como en número de experiencias y nivel académico.
- Se detectó, que como trabajo final algunos estudiantes presentan prototipos que puedan servir como equipo de laboratorio en el futuro, pero hay carencia de espacio físico para ello.

**ENSEÑANZA DE LA FISICA EN LAS CARRERAS DE INGENIERIA DE  
LAS UNIVERSIDADES DEL EJE CAFETERO**

UNIVERSIDAD	DEPTO.	CIUDAD	PROGRAMA	ASIGNA-TURA	TEORIA	LABORA-TORIO	TEORIA Y LAB. JUNTOS	I.H.S.	TEMAS	
ANTONIO NARIÑO	RISARALDA	PEREIRA	INGENIERIA CIVIL	FISICA I FISICA II FISICA III			SI SI SI	6 6 6	MECANICA FLUIDOS ELECTROMAGNETISMO	
			INGENIERIA BIOMEDICA	FISICA I FISICA II FISICA III FISICA IV	SI	NO	SI SI	4 6 6 4	MECANICA Y FLUIDOS ELECTROMAGNETISMO OSCILACIONES FISICA MODERNA	
			INGENIERIA ELECTRONICA	FISICA I FISICA II FISICA III FISICA IV	SI	NO	SI SI	4 6 6 4		
			INGENIERIA INDUSTRIAL	FISICA I FISICA II FISICA III			SI SI SI	6 6 6	MECANICA FLUIDOS ELECTROMAGNETISMO	
			INGENIERIA DE SISTEMAS	FISICA I FISICA II			SI SI	6 6	MECANICA FLUIDOS	
LIBRE	RISARALDA	PEREIRA	INGENIERIA AMBIENTAL	FISICA I FISICA II FISICA III	SI SI SI	NO NO NO		4 4 4	MECANICA ELECTROMAGNETISMO ONDAS	
COOPERATIVA DE COLOMBIA	RISARALDA	PEREIRA	NO TIENE INGENIERIAS							
AUTONOMA DE MANIZALES	CALDAS	MANIZALES	INGENIERIA DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES	FISICA GENERAL			SI	6	CINEMATICA, DINAMICA, TRABAJO, CALOR, ACUSTICA, ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO	
			INGENIERIA MECANICA	FISICA GENERAL			SI	6	CINEMATICA, DINAMICA, TRABAJO, CALOR, ACUSTICA, ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO	
			INGENIERIA ELECTRONICA	FISICA GENERAL			SI	6	CINEMATICA, DINAMICA, TRABAJO, CALOR, ACUSTICA, ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO	
			INGENIERIA DE PRODUCCION	NO TIENE CURSOS DE FISICA						
ANTONIO NARIÑO	CALDAS	MANIZALES	INGENIERIA INDUSTRIAL	FISICA I FISICA II FISICA II			SI SI SI	6 6 6	CINEMATICA, DINAMICA, CALOR MECANICA DE FLUIDOS ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO	
			INGENIERIA DE SISITEMAS	FISICA I FISICA II FISICA II			SI SI SI	6 6 6	CINEMATICA, DINAMICA, CALOR MECANICA DE FLUIDOS ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO	
			INGENIERIA ELECTRONICA	FISICA I FISICA II FISICA III			SI SI SI	6 6 6	CINEMATICA, DINAMICA, CALOR MECANICA DE FLUIDOS, ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO	
CATOLICA	CALDAS	MANIZALES	INGENIERIA TELEMATICA	FISICA I FISICA II FISICA III			SI SI SI	6 4 4	CINEMATICA, DINAMICA MOVIMIENTO ARMONICO SIMPLE ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO	
			INGENIERIA SANEAMIENTO Y DESARROLLO AMBIENTAL	FISICA I FISICA II FISICA III			SI SI SI	6 4 4	CINEMATICA, DINAMICA MOVIMIENTO ARMONICO SIMPLE ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO	
			INGENIERIA ADMINISTRATIVA	NO SE DICTAN CURSOS DE FISICA						
			INGENIERIA INFORMATICA	NO SE DICTAN CURSOS DE FISICA						
CALDAS	CALDAS	MANIZALES	INGENIERIA DE ALIMENTOS	FISICA I FISICA II			SI SI	6 6	CONDICIONES DE EQUILIBRIO OPTICA FISICA Y OPTICA GEOME.	
			INGENIERIA EN COMPUTACION (ABRIRSE PROXIMAMENTE)	FISICA I FISICA II			SI SI	6 6	CONDICIONES DE EQUILIBRIO OPTICA FISICA Y OPTICA GEOME.	

UNIVERSIDAD	DEPTO.	CIUDAD	PROGRAMA	ASIGNA-TURA	TEORIA	LABORA-TORIO	TEORIA Y LAB. JUNTOS	I.H.S.	TEMAS
DE MANIZALES	CALDAS	MANIZALES	INGENIERIA EN SISTEMAS	FISICA I FISICA II FISICA III			SI SI SI	4 4 4	MECANICA LUZ, LENTES, ESPEJOS Y ONDAS ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO
NACIONAL	CALDAS	MANIZALES	INGENIERIA CIVIL	FISICA I FISICA II FISICA III			SI SI SI	6 6 6	CINEMATICA, DINAMICA OSCILACIONES, TERMOMETRIA CAMPO MAGNETICO, AMPERE.
			INGENIERIA INDUSTRIAL	FISICA I FISICA II FISICA III			SI SI SI	6 6 6	CINEMATICA, DINAMICA. OSCILACIONES, TERMOMETRIA. CAMPO MAGNETICO, AMPERE.
			INGENIERIA ELECTRONICA	FISICA I FISICA II FISICA III			SI SI SI	6 6 6	CINEMATICA, DINAMICA OSCILACIONES, TERMOMETRIA. CAMPO MAGNETICO, AMPERE.
			INGENIERIA ELECTRICA	FISICA I FISICA II FISICA III			SI SI SI	6 6 6	CINEMATICA, DINAMICA OSCILACIONES, TERMOMETRIA CAMPO MAGNETICO, AMPERE.
			INGENIERIA QUIMICA	FISICA I FISICA II FISICA III			SI SI SI	6 6 6	CINEMATICA, DINAMICA OSCILACIONES, TERMOMETRIA CAMPO MAGNETICO, AMPERE.
			INGENIERIA FISICA	FISICA I FISICA II FISICA III FISICA IV			SI SI SI SI	6 6 6 6	CINEMATICA, DINAMICA SOLIDOS, FLUIDOS, ONDAS ELECTROSTATICA, MAGNETOSTATICA FISICA MODERNA
ANTONIO NARIÑO	QUINDIO	ARMENIA	INGENIERIA INDUSTRIAL	FISICA I FISICA II FISICA III			SI SI SI	6 6 6	MECANICA. FLUIDOS Y TERMODINAMICA. ELECTROMAGNETISMO
			INGENIERIA DE SISTEMAS	FISICA I FISICA II			SI SI	6 6	CINEMATICA, DINAMICA Y ENERGIA ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO
			INGENIERIA ELECTRONICA	FISICA I FISICA II FISICA III FISICA IV			SI SI SI SI	6 6 6 6	CINEMATICA, DINAMICA Y ENERGIA CARGA ELECTRICA, POTENCIAL ELE. OSCILACIONES, VIBRACIONES, ONDAS FISICA MODERNA, SEMICONDUCTORES
LA GRAN COLOMBIA	QUINDIO	ARMENIA	INGENIERIA AGROINDUSTRIAL	FISICA I FISICA II		SI SI	7 6	MECANICA DE FLUIDOS, DINEMATICA ELECTROMAGNETISMO	
DEL QUINDIO	QUINDIO	ARMENIA	INGENIERIA MECANICA	FISICA I FISICA II FISICA III			SI SI SI	6 6 6	MECANICA ELECTROMAGNETISMO. VIBRACIONES Y ONDAS
			INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACION	FISICA I FISICA II			SI SI	6 6	MECANICA ELECTROMAGNETISMO.
			INGENIERIA ELECTRONICA	FISICA I FISICA II FISICA III FISICA IV			SI SI SI SI	6 6 6 6	MECANICA ELECTROMAGNETISMO. VIBRACIONES Y ONDAS. OPTICA
			INGENIERIA INDUSTRIAL	FISICA I FISICA II			SI SI	6 6	MECANICA ELECTROMAGNETISMO
			INGENIERIA CIVIL	FISICA I FISICA II				6 6	MECANICA. ELECTROMAGNETISMO
			INGENIERIA FISICA PURA	FISICA I FISICA II FISICA III FISICA IV				6 6 6 6	MECANICA Y FLUIDOS. ELECTROMAGNETISMO OSCILACIONES FISICA MODERNA
			INGENIERIA ELECTRICA	FISICA I FISICA II FISICA III			SI SI SI	5 5 5	MECANICA ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO ONDAS Y FISICA MODERNA
TECNOLOGICA	RISARALDA	PEREIRA	INGENIERIA MECANICA	FISICA I FISICA II FISICA III			SI SI SI	5 5 5	MECANICA ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO ONDAS Y FISICA MODERNA
			INGENIERIA INDUSTRIAL	FISICA I FISICA II FISICA III			SI SI SI	5 5 5	MECANICA ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO ONDAS Y FISICA MODERNA

- La profundización conceptual y tratamiento matemático difiere considerablemente entre las diferentes universidades.
- Algunas Ingenierías no tienen claro el por qué deben de existir cursos de Física.
- No existen suficientes profesores de planta vinculados a la enseñanza de la Física, en perjuicio de la calidad académica y falta de atención a los estudiantes
- Los temas de Física moderna y mecánica cuántica son abordados en forma deficiente y superflua y en algunos programas nunca se explican.
- Un gran porcentaje de los Profesores de Física no son Físicos ni Licenciados en Física con postgrado, la asignatura de física está a cargo de matemáticos o Ingenieros de la especialidad.
- Los laboratorios de Física moderna tienen un altísimo costo y prácticamente son inexistentes en la mayoría de las Universidades del eje cafetero.
- Mesas y espacios inadecuados suelen ser improvisados para la realización de las prácticas.
- Se carece en algunos casos de insumos para la realización de las prácticas de laboratorio.
- Algunas universidades poseen equipo pero no lo utilizan por no tener espacio físico y otras tienen aceptables espacios físicos para los laboratorios pero no poseen equipo.

### 3. ANÁLISIS

La misión de los Programas de Ingeniería presentada en el marco teórico y su fundamentación en la ciencia básica están aún lejos de la realidad, de nuestras universidades y el Decreto 792 resulta lapidario para los programas que no logren demostrar los estándares mínimos de calidad exigidos por la ley. Entre otros los siguientes:

Area de Ciencias Básicas claramente definidas para los cursos de matemáticas y ciencias naturales (artículo 4). Formación investigativa (artículo 6). Dotación de laboratorios de ciencias básicas de ingenierías y de ingeniería aplicada, así como sus correspondientes equipos, instrumentos e insumos (artículo 11).

Un análisis simple nos conduce a encontrar culpables dentro de las mismas instituciones universitarias. Sin embargo, la dotación de equipo, por ejemplo en las universidades públicas depende en gran medida de los recursos enviados por el gobierno y que generalmente son utilizados en gastos de funcionamiento y los recursos propios suelen ser insuficientes para satisfacer las demandas en el campo de la dotación e impulso a la investigación.

Por otra parte las universidades privadas oxigenan al sistema educativo. Incorporando a aquellos estudiantes que por razones de disponibilidad de cupo en las universidades públicas o razones laborales no pueden acceder a éstas. Algunas universidades privadas no invierten en forma adecuada dinero en la dotación de los laboratorios, sin embargo muestran una verdadera intención de superación a través de la adecuación de espacios físicos para la realización de las prácticas de laboratorio y un esfuerzo en la consecución de equipo. Se debe buscar en principio la integración de todas las universidades del eje cafetero para establecer entre otras: unas políticas comunes en el manejo curricular de los cursos tanto de básicos de ingeniería como de materias propias de la especialidad que permita derrumbar la torre de babel que se ha levantado en el manejo de los cursos de física en ingenierías. Igualmente compartiendo recursos, derrumbando los exagerados celos especialmente entre universidades públicas y privadas para que los convenios entre unas y otras no resulten tan difíciles de llevar a cabo, ya que algunos Rectores de las Universidades Públicas consideran perversas las alianzas entre la universidad pública y la universidad privada, sobre la creencia de que las universidades privadas buscan lucro y las segundas servicio desinteresado a la Sociedad, desprecian su nivel académico, pese a que un gran número considerable de profesores

de las universidades públicas son docentes de las universidades privadas. La educación es una sola y los organismos reguladores son los mismos para unos y para otros.

#### **4. RECOMENDACIONES:**

Concertar un currículo mínimo para cada uno de los cursos de física y laboratorio en los diferentes programas de ingenierías que las diferentes universidades ofrecen.

Definir un mínimo y un máximo en la intensidad horaria para cada uno de los cursos, tanto para el laboratorio como la teoría.

Apoyar el convenio Alma Mater en lo que respecta a la cooperación académica.

Definir una bibliografía común para cada uno de los diferentes cursos de física en los diferentes programas de ingeniería.

Diseñar guías de laboratorio oficiales para cada curso de laboratorio común para todas las universidades.

Establecer el nombre de los experimentos básicos en cada uno de los cursos de laboratorio para cada uno de los diferentes cursos de física.

Adquirir equipo especializado para la realización de prácticas de física moderna. Para este caso es importante la cooperación entre universidades, ya que estos equipos suelen ser altamente costosos y las universidades que los tienen les dan un bajo uso. La UTP logró adquirir un costoso laboratorio de física moderna, gracias a un proyecto BPIN, pero la actual crisis económica no ha permitido aplicar a nuevos proyectos.

Contratar profesores especializados en la enseñanza de las ciencias físicas, físicos o licenciados en física con Posgrado.

Dotar en cada universidad un laboratorio especializado que pueda prestar servicio a las demás, bajo los parámetros establecidos en un convenio entre las universidades públicas o un convenio entre universidades privadas o un convenio entre universidades públicas y privadas.

Inculcar la enseñanza de la física como el descubrimiento de leyes que rigen armoniosamente la naturaleza y no un recetario de fórmulas y problemas.

Inculcar el conocimiento de la historia de la física. La perspectiva histórica nos acerca a la física como ciencia humana no endiosada, pues cada descubrimiento es el logro de un hombre o un puñado de hombres con sentimientos similares a los nuestros que vivieron pasiones y tuvieron intereses algunos altruistas y otros mezquinos. Las biografías de estos hombres nos permiten conocer cómo históricamente han evolucionado los diferentes conceptos y leyes en las ciencias.

Desmitificar los conceptos de la física moderna, los cursos de física parecen que se quedaron en el siglo XIX y la física relativista y la mecánica cuántica suelen ser vistos por nuestros estudiantes de ingeniería como incomprensibles y lejanos a sus intereses académicos. El profesor debe involucrarse personalmente en los temas y mostrar la importancia de estos conceptos para la comprensión de cualquiera de los avances de la ciencia moderna.

#### **5. BIBLIOGRAFIA**

Acreditación de Programas de Ingeniería, Mario Letelier, Seminario Taller – Paipa, 9, 10 y 11 de mayo de 1999.

Decreto 792 del 8 de mayo de 2001.

Decreto 916 del 22 de mayo de 2001.

La Acreditación y su con la calidad de la enseñanza de la ingeniería, Fernando Ocampo Cabal.

La Ingeniería desde una perspectiva global, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Valencia.

# **SISTEMA INFORMÁTICO EVALUADOR DE PROYECTOS EDUCATIVOS MODERNOS EN INGENIERÍAS**

**Ing. Claudia Da Cunha - Ing. José Rafael Capacho**  
**cdacunha@uninorte.edu.co jcapacho@uninorte.edu.co**

**Universidad del Norte - Barranquilla, Colombia**

## **Resumen**

La División de Ingenierías de la Universidad del Norte, teniendo en cuenta su plan de desarrollo institucional 1999-2002 titulado “La Universidad en la Sociedad del Conocimiento”, y consciente de la gran responsabilidad de formar el talento humano en Ingeniería al servicio de una sociedad progresivamente compleja, ha desarrollado proyectos de auto evaluación con fines de acreditación nacional e internacional y proyectos de modernización curricular, para lo cual se ha generado un modelo acompañado de lineamientos e indicadores de calidad para la construcción de currículos modernos en Ingenierías.

El proyecto de modernización curricular requiere reflexionar sobre estructuras curriculares modernas, con características dinámicas, flexibles, abiertas, con múltiples opciones en el recorrido curricular y que propendan cada vez más por la consolidación de unos indicadores representativos de la formación integral en el marco de un concepto amplio de modernidad y al servicio de una cibersociedad. Las estructuras curriculares modernas para la formación en Ingeniería, requieren a su vez de sistemas informáticos abiertos, dinámicos, cambiantes, auto ajustables, paramétricos y atemporales los cuales al estar soportados por la Tecnologías de Informática y Comunicaciones – TICs, sean capaces de reflejar para una institución, los avances alcanzados por una comunidad educativa al desarrollar su Proyecto Educativo Institucional – PEI, lo cual implica el desarrollo del Proyecto Educativo del Programa – PEP, de cada una de sus unidades académicas de la Universidad.

El sistema informático evaluador de proyectos educativos modernos en Ingeniería, es una herramienta en software que permite de una forma ágil, amigable, gráfica y genérica conocer el estado de avance de proyectos curriculares modernos, teniendo en cuenta el PEP y su relación con el modelo y los lineamientos de modernización curricular.

Por lo tanto, las teorías de soporte Educativas y de Ingeniería de Sistemas para la construcción del sistema informático mencionado, la metodología de construcción, los resultados y la proyección del sistema es el aporte de la División de Ingenierías de la Universidad del Norte, a la modernización de la educación en Ingeniería al servicio de una sociedad moderna.

## **1. PROYECTOS BASES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA.**

Teniendo como base los planes de desarrollo de la Universidad del Norte en la década del 90 y el plan de desarrollo de la institución para los años 1999 – 2002, la División de Ingenierías ha desarrollado los proyectos de : Reconceptualización del crédito; acreditación nacional e internacional; formación y escala de clasificación docente; actualización de laboratorios modernos en Ingenierías; mejoramiento de bases bibliográficas al servicio de la Ingeniería; y construcción de proyectos educativos de los programas, teniendo en cuenta las funciones principales de la Universidad: docencia, investigación y proyección social. Las bases teóricas, la práctica educativa, y las experiencias exitosas en educación de los proyectos relacionados, han sido bases fundamentales en la consolidación de un modelo curricular, unos lineamientos y unos indicadores de calidad para lograr una educación moderna en Ingenierías.

## **2. TEORÍAS EDUCATIVAS Y DE CIENCIA DE LA COMPUTACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA INFORMÁTICO.**

La base de conocimientos del sistema informático se fundamenta en las teorías de las ciencias sociales tales como : la filosofía, la psicología y la educación. El proyecto de modernización curricular toma de la filosofía, el logro de la autonomía intelectual y moral de todo ser humano ( Ilustración Francesa, Siglo XVIII ); de la psicología, toma las teorías de : Construcción del Conocimiento teniendo en cuenta que el conocimiento se puede construir socialmente, a partir de la teoría del lenguaje el cual genera una comunicación tanto intrapersonal ( yo ) como interpersonal ( yo\_ellos ); y la teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel; finalmente, soportado el proyecto pedagógico moderno por la filosofía y la psicología, el proyecto de currículum moderno adquiere de la educación, la teoría de la construcción de los proyectos educativos institucional – PEI y del programa – PEP.

Por su parte, las teorías de la ciencia de la computación que se aplicaron para la construcción del sistema son : La teoría de diseño y desarrollo de software, la algoritmia, la estructura de datos, y los lenguajes de programación.

## **3. METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA INFORMÁTICO.**

Las teoría de diseño y desarrollo de software aportó a la construcción del sistema, las etapas bases para la construcción de software como son : planificación, análisis, diseño lógico, diseño físico, programación, montaje, y finalmente prueba del sistema.

El diseño lógico del sistema centra su fundamento en la siguiente análisis : El Proyecto Educativo del Programa – PEP, en su contenido se puede estructurar en cuatro instancias que son : Ideal, integradora, real y experiencial. La instancia ideal, la conforman la visión y la misión del programa; la integradora, está compuesta por los lineamientos de política nacionales e internacionales para la formación de personas en una Ingeniería específica, mas los principios y los propósitos de la profesión; el contenido de la instancia real se materializa en las parcelaciones de cada una de las asignaturas componentes del currículum, y finalmente, la instancia experiencial está conformada

por el método y la didáctica que se emplea en el acto educativo o los ambientes espacio – temporales factibles de ser curricularizables. Por lo tanto, el PEP, se puede estructurar conceptualmente como un árbol jerárquico invertido, donde la raíz es el PEP, sus hijos son las instancias y sus descendientes, los componentes de cada una de las instancias. Adicionalmente, el PEP debe interrelacionarse con los lineamientos e indicadores de calidad, de un currículo moderno con el fin de evaluar si el proyecto formativo aplicado por la unidad académica es o no moderno y cumple con los lineamientos de modernidad. Luego, los lineamientos del proyecto formativo moderno y sus indicadores se estructuran a su vez jerárquicamente, siendo la raíz los Lineamientos de Modernización; sus hijos cada uno de los lineamientos y sus descendientes los elementos, preguntas e indicadores de modernización curricular.

La algoritmia o teoría algorítmica se utilizó para diseñar la lógica de control del sistema representada por 17 formas y más de 6000 líneas de código. La teoría de estructura de datos aportó las bases para la construcción de los árboles para modelar el comportamiento del sistema, tanto en su construcción del PEP y los lineamientos de modernización como en su navegación, para lo cual fue necesario construir versiones algorítmicas de carga, inserción, eliminación y recorrido de los nodos que son los componentes de los árboles en términos de raíz e hijos.

El lenguaje de programación que se utilizó para el desarrollo del sistema, fue el Borland C++ Builder versión 4.0 y en su desarrollo el sistema fue actualizado a Borland C++ builder en versión 5.0, teniendo en cuenta la utilización parcial de la Programación Orientada por Objetos – POO.

Luego, el sistema informático en su arquitectura se soporta en un ambiente Windows, con estructuras de árboles similares a las que emplea el explorador Windows, complementada con cuadros de texto, una barra de herramientas, y una serie de funciones aritmético – lógicas.

#### **4. RESULTADOS**

El sistema informático base para evaluar proyectos educativos modernos en Ingenierías es : Genérico, por cuanto en las estructuras arborescentes del PEP y de los lineamientos de modernización permiten cargar cualquier PEP y cualquier conjunto de lineamientos de modernización; Amigable, por cuanto está dotado de una barra de herramientas de fácil navegación que mejora el acceso y manejo de las funciones que ofrece el sistema; Gráfico, fundamentado en que la barra de herramientas tiene funciones gráficas en dos y tres dimensiones para mostrar resultados numéricos; y finalmente escalable, fundamentado en el hecho de que se es factible de ser integrado a sistemas más robustos la universidad como el nuevo sistema de registro de la Universidad ( Proyecto Aurora. Nuevo Sistema de Registro Académico de la Universidad del Norte ).

#### **5. PROYECCIÓN DEL SISTEMA**

El sistema se encuentra actualmente en una fase de prueba con el fin de monitorear su desempeño en sus parámetros de efectividad en cuanto a eficacia y eficiencia, proceso del cual se derivarán las características de mejoramiento del sistema, para posteriormente realizar su migración para trabajar la información en bases de datos, su operación en la red institucional y con posibilidad de funcionar

dentro del ambiente de la macrored Internet, con el fin de enlazar los componentes internos del Proyecto Educativo del Programa, con proyectos académicos tanto internos como externos a la institución.

## **CONCLUSIONES**

La fabricación del sistema informático evaluador de proyectos modernos en Ingenierías, hizo posible: La integración interdisciplinaria de profesionales de ciencias sociales y ciencias naturales para la construcción del sistema, ya que participaron filósofos, psicólogos, pedagogos, e ingenieros; el desarrollo de los proyectos educativos de los Programas; la evaluación de un PEP fundamentada en unos lineamientos de modernización curricular; y finalmente la consolidación de los programas académicos de la División de Ingenierías, como unidades que entregando una educación de calidad a la sociedad, dan un aval de educación moderna soportada formalmente por un sistema informático creado por la Universidad del Norte.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] AHO Alfred V. Ullman Jeffrey D. Foundations of Computer Science C Edition. Computer Science Press. An Imprint of W.H. Freeman and Company. New York. 1.996
- [2] CORMEN Thomas H., LEISERSON Charles E., RIVEST Ronald L. Introduction to Algorithms. Electrical Engineering and Computer Science Department at the Massachusetts Institute Technology (MIT). Twenty-first printing, 1998.
- [3] DIAZ, A. 1997 Didáctica y Curriculum México PAIDOS
- [4] EDEMAR, H. 1996 El Curriculum como Desafío Institucional: Aportes Teóricos-prácticos para Construir el Microcurrículum Buenos Aires NovedadesEducativa
- [5] MAGENDZO, A. 1986 CURRICULUM Y CULTURA EN AMERICA LATINA Santiago PIIIE
- [6] TEORÍA GENERAL DEL CURRÍCULO. DISEÑO CURRICULAR COMO PROYECTO; DESARROLLO CURRICULAR COMO REALIZACIÓN. CURRÍCULO EXPLÍCITO Y CURRÍCULO LATENTE  
<http://www.internen.es/opositor/or/TemarioL.htm>

# INCIDENCIA DE LA EDUCACIÓN BÁSICA Y MEDIA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR, PARTICULARMENTE EN LA INGENIERÍA

*Ing. Edgar Alfonso López Rodríguez.  
E-mail: [inglopez@starmedia.com](mailto:inglopez@starmedia.com)  
Universidad Autónoma de Colombia  
Universidad Católica de Colombia*

## RESUMEN

El Sistema Educativo colombiano ha tenido en los últimos años cambios sustanciales. A partir de la constitución del 91, donde se generaron las reformas. Estos se materializaron con la imposición de nuevas leyes, decretos y resoluciones, que afectaron de manera directa la estructura de la educación.

La brecha que se presenta entre el preescolar y la educación básica, dentro de la misma educación básica en los grados quinto y sexto; entre la educación básica y la educación media, finalmente entre la educación media y la educación superior, constituyen elementos de preocupación para quienes participamos en el desarrollo del proceso de formación de los ingenieros colombianos.

El análisis que me propongo hacer desde el empleo de los logros e indicadores de logros, con la interpretación y aplicación de las competencias básicas en la educación básica y media con su incidencia en la educación superior y por supuesto los resultados que estamos padeciendo dentro de los programas de ingeniería.

En el resultado del estudio y análisis de las dificultades que presenta hoy la estructura del sistema educativo colombiano para estudiantes que ingresen a los programas de ingeniería se han analizado los siguientes elementos que inciden en la formación del ingeniero: el currículo, la docencia, la desmotivación, la administración, la evaluación, los programas y modelos pedagógicos, el tiempo, las brechas sociales y educativas, la comunicación, los medios de comunicación y el avance tecnológico.

## Antecedentes

En la historia de la educación ha habido, desde la antigüedad, la necesidad de enseñar a leer y escribir. Sin embargo, generalmente se reconoce que en esto radica la mayor dificultad a la que se enfrentan los maestros, directivos docentes, funcionarios y autoridades educativas. Así se limita la producción de quienes tienen la responsabilidad de generar resultados de acuerdo con la época que se viva.

La educación en la Antigua Grecia con Platón y Aristóteles se entendía en función de la "virtud, del bien y de la armonía del individuo con la sabiduría generada por la filosofía; la fuerza encontrada

en los guerreros y en la prudencia que mostraban los trabajadores.”<sup>1</sup> Conferenciante del talante de Platón quien, en alguna tarde exponía sobre el bien y lo bueno donde congregó la intelectualidad ateniense de aquellos tiempos, además de sus discípulos donde esperaban recomendaciones y criterios de cómo generar riqueza, cómo llegar al poder, la buena salud y sobre todo, la dicha y el placer; el desconcierto fue total cuando el conferenciante empezó a hablar de aritmética, geometría y astronomía.

La educación cambia de curso a través de la historia, en la actualidad es necesario ubicar a los jóvenes a la altura de su tiempo, “formando personalidades capaces de orientarse lúcida y críticamente dentro de su mundo, proporcionándoles los medios necesarios para que se comprendan a sí mismos y al mundo en que viven y que les rodea, para usar sus energías de manera constructiva y avanzar en la tarea de organizar la sociedad, cultivando las potencialidades, transmitiendo la pasión por el saber, el conocer, el preguntarse y maravillarse de la vida, cultivar a la persona”<sup>2</sup>, socializándose con el universo los conocimientos, ideales y valores. Según Kant “ la educación es un arte cuya aplicación debe ser perfeccionada por muchas generaciones”.

La educación para toda la vida <sup>3</sup> es el paradigma que orienta el siglo XXI, noción que traspasa la frontera de la concepción tradicional entre educación básica y educación permanente y que responde a las necesidades de un mundo cambiante como el actual, donde la globalización, la mundialización y la competitividad están al orden del día. La educación para toda vida o a lo largo de la vida se fundamenta en cuatro grandes pilares: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos y aprender a ser. Aprender a conocer es cambiar la cultura general lo suficientemente amplia con la posibilidad de profundizar en un conocimiento particular de asignaturas que permita despertar la curiosidad intelectual, estimulando el sentido crítico, descifrando la realidad y adquiriendo autonomía en sus juicios. Aprender a hacer es poder calificar a los individuos en relación con las tareas materiales bien ejecutadas para el trabajo, respecto de sus prácticas de aprendizajes en sus experiencias sociales. Aprender a vivir juntos significa comprender al otro, percibir, respetar, aceptar, comprender las formas de independencia, enseñar la diversidad de la especie humana y contribuir con los criterios de semejanza con el propósito de consolidar objetivos comunes. Aprender a ser tiene por objeto el despliegue completo del hombre en toda su riqueza y en la complejidad de sus expresiones y de sus compromisos individuales y colectivos con sus capacidades y sus posibilidades de razonamiento, sentido ético y estético, capacidad física y aptitudes.

El año anterior presenté un trabajo en este mismo escenario, el cual giraba en torno del ser, el saber y el saber hacer en la escuela, donde recogía elementos en este sentido e indicaba que “en el siglo XXI, en plena era del conocimiento y la informática, jerarquizamos la formación humanista, por lo tanto, la propuesta exalta el binomio ser-saber como elementos esenciales para la formación a lo largo de la vida. El ser definido en término de lo humano, el saber en función de la epistemología y finalmente el saber-hacer en el propósito de identificar y definir sus competencias de aprendizaje y aprehensión de las ciencias básicas en ingeniería”.<sup>4</sup>

## **La educación básica y media y la educación superior en Colombia.**

Los fines y objetivos que se presentan para la educación, en Colombia, de acuerdo con la ley 115 de 1994, están diseñados para una sociedad que tiene poca correspondencia con la colombiana y con su clase dirigente. El desarrollo de los fines y objetivos en condiciones normales generaría resultados positivos en cualquier gestión educativa con los criterios de aprendizajes que hoy se conocen, con recursos y condiciones mínimas de trabajo, además del modelo pedagógico que aplique para el logro de estos fines, objetivos o finalidades y cuyo propósito sea la generación, construcción y transmisión del conocimiento. Sin embargo, la forma cómo se naturaliza la pedagogía por parte de directivos, funcionarios e ideólogos del gobierno ha acentuado la crisis de la educación, incluyendo los medios masivos de comunicación.

El decreto 1860 de agosto de 1994 organiza la educación preescolar, básica y media y define el Proyecto Educativo Institucional pretendiendo alcanzar los fines de la educación, teniendo en cuenta las condiciones sociales, políticas, económicas y culturales del medio. Esto define y determina las grandes diferencias y deficiencias que se presentan entre unos pocos y la gran mayoría de las instituciones educativas del país, la proporcionalidad entre los recursos y sus resultados están a la vista. La Corporación Calidad hace esfuerzos e intentos importantes en Bogotá por darle un desarrollo pleno a la gestión educativa por medio del Proyecto Educativo Institucional, en este sentido se puede visualizar la importancia del despliegue de recursos en lo académico, en la comunidad, en el desarrollo del personal y profesional del docente, tanto interno como externo en las instituciones. Esta norma se ha convertido en un requisito formal, igual que tantos otros que deben cumplir los directivos de las instituciones de educación media y básica.

La resolución 2343 de junio de 1996 diseña los lineamientos generales de los procesos curriculares y establecen los indicadores de logros, con una cantidad exagerada de logros, - más de 450- cuando en el año 2000, por ejemplo, las condiciones operativas no permitieron aplicar sino 8 de los 34 programados y preparados desde la planeación del departamento de matemáticas del Colegio Distrital Manuelita Sáenz institución adscrita al Plan Cemdzob formada por cuarto colegios. El propósito de orientar los procesos curriculares era mejorar la calidad de la educación, al tiempo lo contradicen con los indicadores de logro como instrumento para evaluar la educación básica y media. Hoy se ha desvirtuado la intención inicial, en donde los logros se aplazan y acumulan indefinidamente dentro de un año lectivo o se superponen año tras año de acuerdo con la institución educativa ya sea esta pública o privada. La evaluación, recientemente, ha pasado por distintos criterios desde el control directo cuantitativo, la promoción automática hasta los indicadores de logros y la evaluación por competencias, la que se conoce como la contrarreforma en marcha, política de la cual no se conoce su origen, pero que está en juego en las instituciones desde el Examen de Estado hasta la evaluación de la Secretaría de Educación de Bogotá, con aplicaciones realizadas en los grados tercero, cuarto, quinto, séptimo y noveno en los años 1998, 1999, 2000 y actualmente nos preparamos para la aplicación de 2001, la evaluación en competencias básicas en las áreas de lenguaje, matemáticas y ciencias naturales, este es uno de los factores que inciden en la educación básica y media, dado que el criterio de unidad dentro del Sistema Educativo colombiano aparece con debilidades marcadas a lo largo de la geografía del país educativo. Este elemento es un factor perturbador de la calidad de la educación y del resultado que se espera de los estudiantes que



cursan la educación básica y media y que apuntan hacia los fines y objetivos que exige la ley 115 de 1994 o ley general de educación.

La educación básica está orientada por la ley, que define el currículo, los lineamientos generales y los lineamientos curriculares, los cuales, determinan el plan de estudios con sus distintas áreas y asignaturas que hoy se organizan en las instituciones tanto públicas como privadas. Los lineamientos curriculares se estructuran con base en las competencias que exige la formación del estudiante al finalizar el año lectivo en concordancia con los logros e indicadores de logros; la estructura presenta algunas deficiencias en la práctica, dada la interferencia que se presenta entre el sector privado y el público desde el punto de vista de la evaluación, como también de la promoción dado los intereses que se presentan desde lo privado, el cual se puede inferir en el acuerdo firmado en la resolución 2343 por las partes.

Los gobiernos de la mayoría de los países del mundo, al estudiar los programas de educación superior en el curso de las últimas décadas, han centrado su atención en los problemas relativos al control y mejoramiento de la calidad. A pesar de las diferencias de tamaño y la etapa de desarrollo del sector de educación en los diversos países, muchos gobiernos han llegado a la conclusión de que los métodos tradicionales de control académico no son adecuados para hacer frente a los desafíos del presente y que es necesario crear controles de calidad más explícitos; en Colombia la preocupación es igual, sin embargo se denigra de los docentes, los directivos docentes y de los encargados de la gestión educativa, por parte de los medios masivos de comunicación y los gobernantes de acuerdo con el interés del momento.

La educación superior en Colombia organizada y regulada por la ley 30 de 1992, constituye el marco referencial de las funciones de docencia, investigación y servicio. Esta norma en general se apoya entre otros objetivos en la “calidad de la educación y la formación integral.”<sup>5</sup> En este sentido, cabe formular algunas preguntas que deben satisfacerse en la educación básica y media ¿Cuales son los elementos esenciales que deben tener los estudiantes que concluyen su educación media?. ¿Cuáles son los mínimos requeridos, dentro de los criterios de calidad, que se debe poseer para la universidad?. ¿En qué consiste la formación integral que las instituciones de educación media, hicieron posible alcanzar en sus estudiantes?.

El estado reglamenta, decreta y resuelve sobre el Sistema Educativo colombiano y además lo ahoga con innumerables normas generadas permanentemente desde la Oficina de Inspección y Vigilancia de la Calidad de la Educación del Ministerio de Educación Nacional o las Secretarías de Educación, que para la educación básica y media y de carácter oficial son de estricto cumplimiento entre ellas tenemos: Calendario Escolar, jornada laboral, evaluación, evaluación por logros, evaluación por competencias, promoción, día del idioma, día del alumno, día del maestro, día de la madre, día de la ciencia, día del arte, olimpiadas deportivas, izadas de bandera, textos guía, fiestas nacionales, departamentales o municipales, jornadas pedagógicas, jornadas culturales, capacitación docente, examen de estado Icfes, vacaciones escolares, asociación de padres de familia, actividades sábados o domingos, el presupuesto escolar y otros más. Estos problemas parecen que significa poco, sin embargo, los directivos y profesores indican que estas perturbaciones afectan la planificación académica de cada año lectivo se ve afectada por las dificultades que se presentan en el orden programático, metodológico y pedagógico en el desarrollo curricular con base en los

contenidos previstos y que apuntan a la formación integral del estudiante. Cabe preguntar y de la autonomía ¿qué..? ¿Cómo será la educación básica y media de carácter privado? ¿Qué ruidos insertarán estos al Sistema Educativo? Y de los propietarios qué se podrá decir. Estos ruidos llegarán a la universidad o están llegando.

La falta de formación en los mínimos contenidos en Ciencias Naturales, Matemáticas y Humanidades, en general en Ciencias Básicas del bachiller, son determinantes en la formación del ingeniero, los ruidos que afectan al Sistema Educativo desmotiva y aleja a los jóvenes de las ciencias y en especial de un compromiso con el estudio sistemático, en la búsqueda de “identificar objetos, atributos, relaciones, propiedades, operaciones; reconocer seleccionar; predecir el efecto de las operaciones; construir gráficas, clasificar por criterios implícitos o explícitos; comparar y contrastar situaciones problemáticas, desarrollar estrategias de solución; interpretar resultados, argumentar conjeturar, generalizar propiedades, resultados, soluciones; describir objetos, modelos, relaciones, exponer verbal o cuantitativamente relaciones entre cantidades, leer, interpretar y organizar información, diferenciar entre dos o más representaciones”<sup>6</sup> y utilizar significativamente la información y en general el conocimiento; conceptos que difícilmente se logran por la estructura administrativa y que terminan deteriorando las condiciones académicas pregonadas desde el Ministerio de Educación Nacional.

Según Estanislao Zuleta, “hoy en día se forma un ingeniero en una rama particular de una manera eficaz, pero que es al mismo tiempo prácticamente un analfabeta en otros campos. Su capacidad de reflexión en el campo político, literario o humano en general es prácticamente nula, así sea un Ph. D altamente especializado”<sup>7</sup>. En relación con la primera parte de esta cita se puede señalar que en muchos casos encontramos ingenieros con deficiencias incluso en su propia disciplina. En el caso de los ingenieros docentes existe un desequilibrio entre su conocimiento disciplinar y la pedagogía de la asignatura que regentan, dado que se reconoce la competencia disciplinar y falta el manejo pedagógico para administrar cualquier asignatura; existen otros casos de desequilibrio total. La pedagogía no es solamente instrumental, es esencialmente hacer más persona, que cada individuo pueda crecer como persona y servir como ciudadano, cada uno de nosotros está obligado a cultivar sus potencialidades, a hacer de la propia vida un empeño permanente de aprender en función de conseguir el equilibrio deseado entre la disciplina y la pedagogía.

En general al ingeniero la profesión docente le llega, o se acerca a ella indirectamente; en otros casos de manera accidental sin embargo una vez asuma este rol debe comprometerse responsablemente en esta labor. La formación en ingeniería requiere de profesionales idóneos tanto a nivel disciplinar como en el nivel pedagógico, tal vez este último exige mayor dedicación, compromiso y concentración en virtud del resultado que se espera, es decir de la calidad y la formación integral del estudiante tal como lo plantea la ley 30 de 1992. La enseñanza en ingeniería o la formación del ingeniero es para “pensar y actuar con fundamento filosófico”<sup>7</sup>, según Zuleta, agregaría para toda la vida y no para el momento, significa que el ingeniero debe ver el futuro, su futuro, esto se logra con docentes que tengan una visión del ser espiritual y del ser racional.

Los llamados paros del magisterio o paros de docentes son estrategias pensadas y casi preparadas por nuestra clase dirigente y cuyo propósito es sumir en la ignorancia a la mayoría de los

colombianos, por supuesto, a los más pobres; cuando no existe una política para conciliar, concertar, dialogar sino más bien de arrasar, liquidar y eliminar tanto a estudiantes como a docentes quienes tienen una concepción distinta de la educación de los colombianos; tal como lo indicaran los actuales ministros de Educación y de Hacienda recientemente por los medios masivos de comunicación, con motivo de la aprobación de un acto legislativo.

Finalmente la preocupación por aprender a leer ya escribir sigue vigente en la historia tanto ayer como hoy. Hoy la denominamos competencias en “lectura y escritura, expresión oral”<sup>8</sup>, el cálculo, la solución de problemas, todas tan necesarias en la formación del ingeniero y cuya esencia es la misma cosa.

### **Incidencia de la educación básica en ingeniería**

Los elementos que se consideran afectan la formación de los bachilleres colombianos para el estudio en ingeniería son los siguientes: el currículo, la docencia, la desmotivación, la administración, la evaluación, los programas y modelos pedagógicos, el tiempo, las brechas sociales y educativas, la comunicación, los medios de comunicación y el avance tecnológico.

**El currículo.** El plan de estudios, las metodologías, los procesos que contribuyen a la formación integral, los recursos humanos, académicos y físicos son factores que se diseñan y construyen pensando en soluciones inmediatas y no con políticas de largo aliento ni criterios de calidad; no es flexible a pesar de las múltiples reformas, que se han venido implantando desde las altas esferas gubernamentales.

**La docencia.** Esta se ejerce en las instituciones educativas con las imposiciones desde la administración de turno y con la moda del momento; por ejemplo el constructivismo, la evaluación por competencias, el plan de estudios básico, el PEI, los lineamientos curriculares son ideas de momento. La práctica pedagógica impone determinar dimensiones: cognitiva, social, axiológica, comunicativa, etc. ¿Cómo se desarrollan estas? La didáctica, los métodos, los enfoques, los contenidos, los proyectos, la investigación, el contexto son elementos que se desarrollan con criterios tercermundistas.

**La desmotivación.** El desempleo, la descapitalización del país, la normatización exagerada, el desorden educativo, el caos generalizado en la educación colombiana marcan la estructura educativa a lo largo y ancho del país, una inquietud particular ¿El Plan Colombia, dentro de su componente social, tiene un capítulo que abarque la educación con todas las dificultades?

**La administración.** El Ministerio de Educación Nacional, las secretarías de educación, los cádeles, la Supervisión Educativa, los rectores, los consejos directivos, los consejos académicos, las asociaciones de padres de familia y los sindicatos insertan conceptos y criterios sobre la marcha que llega al maestro y por ende al estudiante con una óptica distorsionada en relación con la planificación educativa y que en ocasiones contradice la normatividad vigente.

**La evaluación.** La evaluación en la educación básica y media no tiene ningún parecido con la evaluación en la universidad. El evaluar por logros e indicadores de logro contra una evaluación numérica o cuantitativa, tiene en sí un desfase cuando en esencia el propósito es el mismo. La

evaluación cualitativa del bachillerato y al milímetro, de todo lo que se haga no se puede comparar con la escala que se establece en la universidad, por lo tanto es recomendable definir y organizar un sistema único de evaluación para todo el sistema educativo de tal manera que se juzgue la validez del concepto con un criterio legítimo al interior del proceso. De otro lado la evaluación por competencias donde el objeto es que estudiantes y maestros conduzcan a interpretar, argumentar y proponer en contexto, es una propuesta anticuada dado que esto es lo que ha realizado el maestro a lo largo de la historia de la educación colombiana. “ Las competencias ni se enseñan ni se aprenden”<sup>9</sup>, se construyen a lo largo de la vida con el amor a la sabiduría.

**Programas y modelo pedagógico.** Estudios históricos de los modelos que se han utilizado y que se utilizan en el mundo nos indican que para la educación colombiana estos modelos son para una educación subdesarrollada donde tienen incidencia desde el estado con sus políticas impuestas desde fuera (léase FMI) como son: racionalización del gasto público, procesos de desagregación estatal, privatización, transnacionalización, regresión a la legislación educativa, desterritorialización, globalización, política fiscal y redireccionamiento de la administración educativa en las instituciones, entre otras.

**El tiempo.** El concepto que el hombre se inventó del tiempo y que la tecnología ha sofisticado con aparatos de precisión, ha sido interpretado de muchas formas, una hora de clase, esta puede variar entre treinta y cincuenta y cinco minutos, de otra parte, un año lectivo escolar puede variar de nueve a once meses, la jornada de estudio puede variar de un colegio a otro entre una y tres horas al día. La vida de aprendizaje es demasiado larga respecto del dinero fácil en otras profesiones u ocupaciones dado que dieciséis años de estudios es demasiado para acceder a una profesión académica, especialmente en ingeniería.

**Las brechas sociales y educativas.** Las desigualdades en los activos educativos y productivos son marcadas en el pueblo colombiano. La creciente brecha educativa interactúa con la distribución del ingreso, el crecimiento económico, el desempleo, “la educación clasista, desigual y excluyente”<sup>10</sup>, la pobreza al extremo en estos tiempos, la doble jornada en escuelas y colegios oficiales, la promoción automática y modelos educativos subdesarrollados. El desconocimiento social es absoluto.

**La comunicación.** Entendida como los supuestos académicos que expone un docente cuando un estudiante llega a la universidad. La ruptura en el proceso de comunicación entre docente y estudiante. Los problemas educativos y de la enseñanza son debatidos por los empresarios, medios masivos de comunicación, asociaciones de padres de familia quienes determinan qué mensajes envían a las escuelas y los colegios de cómo y qué se debe enseñar de acuerdo con la moda. Hoy no se encuentra el mecanismo eficaz de comunicación para conquistar al estudiante y mostrar la necesidad de acceder al conocimiento en matemáticas, ciencias y humanidades, fundamentales en la formación del ingeniero. La educación espera un gesto de buena voluntad del estado y de la clase dirigente colombiana.

**Los medios de comunicación y el avance tecnológico.** Los medios masivos de comunicación como radio, televisión, prensa escrita, textos escolares, Internet y otros han afectado de manera

positiva y negativa la estructura educativa, sin embargo para la educación básica y media no se perciben los frutos que se esperan dadas las condiciones que reinan en las instituciones de educación, los hogares, las calles y las ciudades de Colombia.

Por todo lo anteriormente expuesto, se hace necesario adecuar, repensar y visualizar la universidad, en función del ser estudiante. Esto es buscar las estrategias y los modelos curriculares pertinentes. Además, capacitar el cuerpo docente en los nuevos enfoques educativos, tanto en la educación básica y media como en la superior para que la relación docente- estudiante y estudiante - docente adquiera otra dimensión, esta es la conclusión después de haber observado lo que acontece en uno y otro escenario y de encuestar a más de mil estudiantes.

### **BIBLIOGRAFÍA:**

1. PONCE, Aníbal. Educación y Lucha de Clases.
2. DE ROUX, Rodolfo. Qué es Educar, Educación Y Cultura No 10.
3. DELLORS, Jackes. La Educación Encierra un Tesoro. 2000
4. LÓPEZ RODRÍGUEZ, Edgar. Las Ciencias Básicas en la Formación del Ingeniero. ACOFI 2000.
5. Ley 30 de 1992
6. ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Secretaría de Educación. Resultados Evaluación por Competencias Básicas en Lenguaje y Matemática. Abril 2001.
7. ZULETA, Estanislao. Educación y Democracia, un campo de combate.
8. GRANDA GAVIRIA / PÉREZ GUZMÁN. Didáctica de los Géneros Literarios.
9. Educación y Cultura N. 56. Revista.
10. RÍOS GONZÁLEZ, Gerney. Guerra y Paz, los Rostros del Conflicto, 2001.
11. Constitución Política de Colombia 1991.
12. Ley General de Educación 115 de 1994.
13. Decreto 1860 de Agosto de 1994.
14. Resolución 2343 de Junio de 1996.

# INTRODUCCIÓN AL DISEÑO EN INGENIERÍA

**Jesús David Cardona Quiroz**  
**Deycy Janeth Sánchez Preciado**  
**Corporación Universitaria Autónoma De Occidente**

## **Resumen**

El Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente administra el curso “Introducción al Diseño en Ingeniería” que la División de Ingeniería imparte a todos sus estudiantes de primer semestre. Este curso inicia al estudiante en la solución metódica de problemas a través de un proceso de diseño, permitiéndole acercarse al quehacer del ingeniero, integrando creatividad, trabajo en equipo y la aplicación de herramientas elementales de cómputo.

Se aplica la metodología activa como estrategia pedagógica, utilizando una página web como apoyo en la orientación de la asignatura.

Se ha motivado a los estudiantes de primer semestre y se les ha brindado la oportunidad de iniciarse en el desarrollo de pequeños proyectos. Este cambio en la concepción de la formación tradicional de ingeniería exige la creación de una línea transversal de asignaturas que apunten a dar continuidad a esta motivación inicial.

## **INTRODUCCIÓN**

A través de este artículo se analizan los diferentes tópicos, que llevaron a la estructuración de un nuevo curso para estudiantes de primer semestre de ingeniería. Inicialmente se presentan los antecedentes que dieron origen a la creación del curso: “Introducción al diseño en Ingeniería”, en donde se describen las diferentes etapas que condujeron a la constitución de los contenidos de la asignatura. Luego se muestra la estructura del curso que se compone de tres módulos, cada uno con sus diferentes temáticas. Se plantea también la estrategia pedagógica utilizada y posteriormente se entregan los resultados obtenidos desde la implementación del curso, partiendo de un análisis estadístico en términos de logros alcanzados por los estudiantes. Finalmente se presentan algunas conclusiones del trabajo desarrollado, teniendo como base la experiencia de los docentes que han participado en este proceso.

## **ANTECEDENTES**

En el período académico enero-julio de 1.998 la dirección del programa de Ingeniería Mecatrónica determinó que el curso “Metodología de la Investigación” que se ofrecía a todos los estudiantes de ingeniería de primer semestre, no era el más apropiado.<sup>[1]</sup> Considerando que, en esta etapa de la formación de los futuros ingenieros es más importante y enriquecedor contar con una asignatura que utilice la experiencia para cimentar algunos elementos de la ingeniería como la creatividad y el diseño. Se incorporaron en dicho curso algunos temas para que mediante su aplicación, los estudiantes construyeran prototipos de máquinas y dispositivos elegidos por ellos, esto constituyó una primera versión de la reestructuración del curso “Metodología de la Investigación”. El resultado no fue totalmente satisfactorio, se esperaba que los proyectos fueran más ambiciosos y exigieran en su realización un mayor trabajo por parte de los estudiantes.

De este modo surgió la idea de estructurar una asignatura nueva que reemplazara la versión reestructurada de “Metodología de la Investigación” y para este curso nuevo se escogió el nombre “Introducción al Diseño en Ingeniería”. Este cambio implicó sustituir totalmente la planta de docentes para el curso, ya que con quienes se contaba eran profesores de humanidades en su gran mayoría.

Se designó un equipo de ingenieros para diseñar el contenido programático de “Introducción al Diseño en Ingeniería”, seleccionar metodología de enseñanza e impartir el curso a los estudiantes. Inicialmente, los cambios comparados con la asignatura que le precedía no fueron radicales: se modificaron algunos contenidos y el nivel de los proyectos mejoró; no obstante, los cambios seguían siendo insuficientes respecto a lo que se pretendía.

Con un nuevo cambio en el cuerpo docente se inició una nueva etapa en la que se reestructurarían algunos aspectos de la asignatura “Introducción al Diseño en Ingeniería”, que en su primera propuesta no habían funcionado apropiadamente. Se incorporó el uso sistemático de la creatividad, herramientas elementales de cómputo, trabajo en equipo, un proceso de diseño, y se delimitó en forma clara y precisa el alcance de los proyectos, quedando totalmente definida la estructura del curso.

Las decisiones anteriores se basaron en dos consideraciones:

- a) Que la labor propia del ingeniero es el diseño de soluciones para problemas sociales, generalmente relacionados con procesos de producción de bienes o servicios.<sup>[2]</sup>
- b) Que los estudiantes en el ciclo básico de su formación tienen muy pocas oportunidades de interactuar con problemas que los acerquen al quehacer del ingeniero, porque se ven dirigidos a desarrollar habilidades y destrezas en ejercicios de asignaturas fundamentales para su formación académica (matemáticas, química, física, y otras).

## **ESTRUCTURA DEL CURSO**

Para el desarrollo de los diferentes temas considerados dentro de la asignatura, se decidió estructurar el contenido y dividirlo en tres (3) módulos:

### **1. Módulo de Conceptualización Teórico- Práctica**

El objetivo principal de este módulo es el de la conceptualización alrededor de temas como: trabajo en equipo, creatividad en ingeniería, el proceso de diseño (diseño en ingeniería, ingeniería reversa, etapas del proceso de diseño) y herramientas computacionales aplicadas.

Este módulo es impartido a través de talleres y prácticas en donde docentes y estudiantes empiezan a manejar un lenguaje común, con el fin de establecer convenios de significación sobre diferentes conceptos inherentes al curso. Los estudiantes incorporan estos términos en forma progresiva como expresiones propias de un ingeniero.

Estas prácticas y talleres, aparte de cumplir su objetivo como elementos de aprendizaje de un lenguaje técnico de ingeniería, desarrollan habilidades y destrezas en el análisis de objetos y fenómenos, que serán muy importantes en el momento de desarrollar un proyecto sencillo.

Desde un inicio las actividades son desarrolladas con el fin de lograr habilidad para el trabajo en equipo, siendo ésta uno de los objetivos centrales del curso; todos los temas tienen como apoyo principal esta metodología.

A través de esta dinámica de trabajo en equipo, se logra entender que la buena administración del tiempo y la asignación de tareas por roles en los diferentes equipos de trabajo durante las prácticas son de gran importancia para el objetivo de optimizar las actividades propuestas, haciendo más eficaz y posiblemente más eficiente el proceso.

Se entiende que esta eficiencia es también reflejo del uso adecuado de recursos, que es otra habilidad que se incrementa con los talleres: existe para cada actividad una cantidad limitada de recursos, que obliga a los estudiantes a organizarse para ser eficaces y eficientes en el desarrollo de las prácticas.

Un ingrediente importante dentro del desarrollo de las distintas actividades es la creatividad, donde no se discute esta capacidad en sí, sino el papel que ocupa en la ingeniería cuando se hace la concepción y desarrollo de soluciones. Se ponen en práctica técnicas para estimular la creatividad resolviendo problemas de ingeniería.

La conceptualización sobre el proceso de diseño es esencial. Ya que se realiza un proyecto, se hace necesario contar con lineamientos sobre un proceso de diseño estructurado (proceso de diseño concebido como diferentes fases o etapas que conducen al encuentro de una solución óptima).<sup>[3]</sup> Este proceso no dista de muchos otros existentes y propuestos por otros ingenieros.

En la primera fase de este proceso, se analiza el problema, recopilando información, determinando objetivos, delimitaciones y recursos disponibles para solucionarlo. Se hace énfasis en el uso del QFD (Quality Function Deployment, Despliegue de Funciones de Calidad),<sup>[4]</sup> una técnica que ayuda al ingeniero para establecer las condiciones que debe tener un producto a fin de satisfacer los requerimientos del cliente. Una vez esté completamente entendido el problema, se retoman las técnicas para estimular la creatividad y se aplican a la obtención de múltiples alternativas de solución, de donde posteriormente saldrá la solución óptima al problema.

Para la expresión de las diferentes alternativas de solución por parte de los estudiantes no se limita la creatividad, se da libertad en el análisis de cuál alternativa elegir; el docente brinda asesoría en las decisiones, pero es el equipo de trabajo quien define de acuerdo a sus recursos (conocimientos, dinero, materiales, herramientas, tiempo, integrantes, etc.) qué posible solución sería la más apropiada.

Algo importante es que ninguno de los equipos es tratado en forma idéntica para las asesorías, durante el proceso, el trabajo del docente está condicionado por las características particulares del proyecto seleccionado y del concepto de solución adoptado por los diferentes equipos.

## **2. Módulo para Orientar el Desarrollo de un Proyecto**

Para el trabajo del curso se dispone de un banco de proyectos propuesto por los docentes. Estos proyectos son de diversa índole, para que puedan ser desarrollados por estudiantes de varias ramas de la ingeniería. Una vez seleccionado el problema a resolver, se llega a un diseño preliminar, que posteriormente es dividido en etapas de desarrollo decididas por los estudiantes y con tiempos de ejecución acordados con el profesor.

Antes de continuar con la descripción de este módulo, es bueno aclarar que dentro del contexto de la asignatura se entiende que un proyecto de ingeniería es una actividad que incorpora como insumos para el logro de su objetivo: información, conocimientos científicos y empíricos, al igual que creatividad por parte de la persona o grupo de trabajo que emprende su realización. Como resultado de este proceso se genera un producto.<sup>[5]</sup> Al mismo tiempo, se entiende que un sistema es un conjunto de elementos o partes, que configuran un todo o unidad mediante un conjunto de relaciones entre los elementos y entre éstos y el todo. El producto de un proyecto de Ingeniería se puede tomar como un sistema, dividiéndolo en subsistemas de acuerdo a las disciplinas (áreas de conocimiento) incorporadas en él; para poder realizar esta división es necesario conocer perfectamente objetivo, alcance y título. En los casos en que las disciplinas no puedan percibirse claramente o no existan separadas sino que sean una misma se toman los subsistemas como fases que, conectadas unas con otras, permiten el desarrollo del producto.

Los proyectos propuestos a los estudiantes han sido de dos tipos: problemas abiertos y cerrados. Cada uno tiene bondades significativas. Cuando se abordan problemas abiertos, se tiene la posibilidad de contar con varias alternativas de solución, que generalmente tienen un gran componente creativo, dando como resultado una variedad de productos (que para este caso es la solución representada por un prototipo físico o virtual) muy distintos entre sí pero todos orientados a la solución del mismo problema. Se hace más complicado para el docente ofrecer asesoría en la subdivisión del proyecto en fases de desarrollo, si los estudiantes han tomado una alternativa de la que tienen muy poca claridad en cuanto al camino para resolver el problema. En estos casos se tiene cuidado de no dar soluciones, sino brindar puntos de apoyo para que sean los mismos estudiantes quienes logren encontrarlas.

En problemas cerrados no hay gran variedad de soluciones, los productos son muy parecidos entre sí, el trabajo de estructuración y división del proyecto en fases es más inmediato para los estudiantes que en problemas abiertos. Es más exitoso el logro total del producto, ya que existe una idea muy clara y totalmente definida del producto final. En problemas cerrados es más sencillo limitar el uso de recursos que en problemas abiertos.

Para hacer seguimiento a los proyectos propuestos a los estudiantes, lo usual es trabajar con tres subsistemas que se llevan a cabo en forma secuencial que generalmente inicia con aquel subsistema que menor grado de dificultad represente para los integrantes del equipo. Cada subsistema representa un avance del proyecto y se culmina cuando se tenga un producto elaborado, éste puede ser de dos

clases principalmente: prototipos físicos a escala y productos no tangibles (catálogos virtuales, pequeños sistemas expertos, animaciones tridimensionales y páginas WEB).

### **3. Módulo Transversal**

Éste se desarrolla paulatinamente inserto en los módulos 1 y 2. Se tratan temas como especificaciones técnicas del diseño y divulgación de soluciones mediante el uso de medios audiovisuales e informáticos. Aquí se involucran como recursos auxiliares herramientas que faciliten el trabajo y aumenten la eficiencia y productividad del trabajo realizado por los estudiantes. Estas herramientas van desde los lineamientos para presentación de informes escritos y orales, hasta la enseñanza de algunas ayudas computacionales aplicadas al diseño, específicamente al diseño conceptual.

Por otra parte, en éste módulo se le da una gran importancia a la comunicación del diseño, razón por la cual se ha implementado un programa adicional de menor intensidad horaria denominado “MINICURSO”, en donde los estudiantes adquieren competencias básicas en la realización de páginas WEB, animaciones simples en 3D, prototipos virtuales muy simples, manejo de hojas de cálculo y manejo fundamental de bases de datos. Todos estos elementos enriquecen el curso a medida que se avanza. El uso creativo de las herramientas aplicadas a los proyectos es una tarea que deben emprender los equipos de trabajo.

La intensidad del curso “Introducción al Diseño en Ingeniería” es de 3 horas semanales, este programa adicional (“MINICURSO”) se realiza en forma paralela al desarrollo del curso y tiene 2 horas semanales.

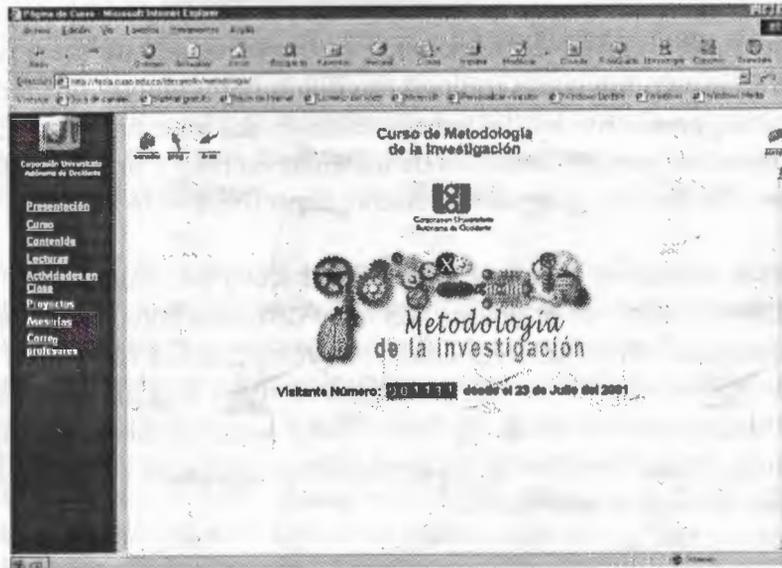
### **ESTRATEGIA PEDAGÓGICA**

Para la enseñanza de los tres módulos se utiliza la metodología activa como estrategia pedagógica. En una página web se cuenta con lecturas referentes a cada tema y guías para las prácticas en clase (<http://tesla.cuao.edu.co/idesarrollo/metodologia/>). Si el estudiante tiene inconvenientes en la lectura o comprensión de lo que aparece en la página, puede escribir un correo electrónico al profesor y solicitar información adicional antes de que el tema sea visto en clase. El profesor asesora la realización de los talleres y resuelve dudas que puedan surgir luego de que el estudiante haya estudiado los textos propuestos.

El papel del profesor como guía propende por el desarrollo de habilidades en la expresión escrita y la claridad en el momento de manifestar inquietudes, cuando existen dudas, los estudiantes deben hacerlas explícitas al profesor mediante un correo electrónico. El docente las resuelve, determinando si es indispensable una reunión personal con el equipo de trabajo. Esta medida obliga a que los estudiantes analicen concienzudamente lo que quieren aclarar, remitiéndose a asuntos concretos y precisos estudiados previamente. De este modo el docente puede cerciorarse de que los estudiantes manejan los convenios de significación propuestos en el curso.

Teniendo en cuenta la importancia de los avances tecnológicos en el uso de las comunicaciones y su masificación, se hace indispensable que los estudiantes aprendan un método para el acopio organizado y sistemático de información. Para ello, existe una fuente para la elaboración de los informes técnicos, que se ha denominado carpeta de diseño, en donde se pueden encontrar documentos tales como las ordenes del día, actas de reunión, cronogramas de actividades, código

de conducta, bosquejos a mano alzada, documentación recopilada de diferentes fuentes y criterios de decisión que se han tenido en cuenta dentro del proceso de desarrollo del proyecto. Se considera más valioso el proceso de diseño que el producto generado al final del mismo.



Gráfica 1. Página web del curso Introducción al Diseño en Ingeniería

Tanto los proyectos como las prácticas del curso están estructuradas de modo que se desarrollen las potencialidades de los estudiantes, por lo tanto, requieren que cada integrante del equipo participe en forma activa, de lo contrario no se podrá concluir el proyecto cumpliendo con los objetivos del curso.

El reto para los docentes es no imponer ó influenciar con la opinión propia las ideas concebidas por los estudiantes, sino coadyuvar al desarrollo de las soluciones generadas por los equipos de trabajo.

## RESULTADOS OBTENIDOS

Desde la implementación de la última reestructuración de la asignatura, 924 estudiantes la han cursado. En la Tabla 1, se puede observar un resumen de los resultados obtenidos de un análisis estadístico realizado luego de clasificar a los estudiantes en grupos: diurnos, nocturnos y repitentes.

Rango Calificaciones	Estudiantes Diurnos			Estudiantes Nocturnos			Estudiantes Repitentes		
	Total Est.	Promedio Calificac.	% Est.	Total Est.	Promedio Calificac.	% Est.	Total Est.	Promedio Calificac.	% Est.
4.0 – 5.0	120	4.2	17	31	4.1	20	7	4.2	9
3.0 – 3.9	448	3.5	65	109	3.6	71	43	3.4	53
0.0 – 2.9	122	2.0	18	14	1.3	9	30	1.7	38
<b>TOTAL</b>	<b>690</b>			<b>154</b>			<b>80</b>		

Tabla 1. Síntesis del logro de los objetivos del curso en términos de las calificaciones obtenidas por los estudiantes

Para efectos de este análisis se tomó el total de estudiantes que han cursado la asignatura. Se consideró que los estudiantes con calificaciones entre 4.0 y 5.0 logran exitosamente los objetivos del curso. Aquellos que tienen calificación entre 3.0 y 3.9 logran parcialmente los objetivos y los estudiantes cuya calificación oscila entre 0.0 y 2.9 no logran en forma significativa los objetivos esperados y no aprueban la asignatura.

Por constituir grupos con marcadas diferencias se establecieron tres clasificaciones principales diurnos, nocturnos y repitentes. Se perciben algunas diferencias importantes en cuanto a la obtención de los objetivos del curso, ya que se involucran muchos aspectos característicos a cada situación y particulares a cada grupo. No es objeto de este documento un análisis profundo de esta situación, pero puede considerarse la posibilidad de ser tratado en un estudio posterior.

De la experiencia de los docentes durante el curso y los datos arrojados por este análisis se puede determinar que los productos generados al final de la asignatura corresponden en la mayoría de ocasiones al logro en los objetivos del curso.

El grupo de estudiantes que cumple exitosamente las expectativas del curso (4.0 a 5.0) se caracteriza por ser organizado, recursivo, independiente y adopta fácilmente la metodología del trabajo en equipo.

Existe un grupo de estudiantes que sólo alcanzan parcialmente los objetivos de la asignatura, (3.0 a 3.9) debido en gran medida a dificultades en la concepción de los esquemas para el trabajo en equipo, inconvenientes de comunicación con los otros estudiantes ó a la adopción de una posición pasiva dentro de las actividades de los equipos de trabajo.

La carencia de logro significativo en los objetivos (0.0 a 2.9) y no aprobación de la asignatura puede deberse a la poca dedicación y autonomía en la toma de decisiones, conduciendo a un pobre desempeño en cuanto al trabajo en equipo. Otra razón posible podría ser la poca vocación hacia la ingeniería que manifiestan algunos de los estudiantes.

## **CONCLUSIONES**

Esta experiencia con un nuevo esquema de enseñanza ha arrojado resultados satisfactorios dirigidos a la formación y motivación de los estudiantes de primer semestre, brindándoles la oportunidad de iniciarse en el desarrollo de pequeños proyectos.

La experiencia con problemas abiertos y cerrados ha derivado en la conclusión de que en el curso de "Introducción al Diseño en Ingeniería" se deben manejar problemas abiertos, debido a que en éstos se incorporan la totalidad de conceptos que se considera deben manejar los estudiantes al enfrentar la solución de un problema en ingeniería y que hacen parte de los objetivos trazados para la asignatura.

En general se ha observado el desarrollo de competencias por parte de los estudiantes en la forma de abordar los problemas, la disciplina de trabajo, organización de actividades, la búsqueda y uso apropiado de recursos.

La implementación del uso de herramientas computacionales en los proyectos ha generado una nueva visión frente a las potencialidades de los estudiantes de primer semestre, demostrando que

son muy capaces de adquirir conocimientos por iniciativa propia en este campo, de manera eficaz y eficiente cuando cuentan con una motivación significativa.

La intención general del curso es que los equipos de trabajo encuentren la satisfacción intelectual anímica e íntima de la ingeniería, descubriendo distintas formas de aprender mediante la práctica y el análisis crítico.

### **LÍNEA TRANSVERSAL DE ASIGNATURAS**

Este cambio en la concepción de la formación tradicional de ingeniería exige la creación de una línea transversal de asignaturas que apunten a dar continuidad a esta motivación inicial.

La propuesta apunta a que se genere un grupo de asignaturas en que los estudiantes vayan integrando y desarrollando en forma práctica los conocimientos que van adquiriendo. Iniciarían en el primer año con la asignatura de “Introducción al diseño en Ingeniería I”, en donde utilizarían en gran medida sus conocimientos empíricos e incorporarían algunos conocimientos científicos.

En el segundo año con más herramientas en el área de diseño gráfico y uso de herramientas computacionales además de asignaturas en el área de las ciencias naturales y del hombre, los estudiantes podrían eventualmente abordar proyectos con mayor grado de dificultad y mejor organización.

Estas dos asignaturas serían el apoyo para los cursos de diseño que tienen como punto de iniciación el tercer año de formación de ingeniería. Resultaría más enriquecedor para los estudiantes haber participado en pequeños proyectos antes de involucrarse con proyectos más ambiciosos que exijan conocimientos de ingeniería más elaborados para su realización.

### **REFERENCIAS**

- [1] NARANJO P. FREDDY, De la Metodología de la Investigación a la Introducción al diseño en Ingeniería, Corporación Universitaria Autónoma de Occidente Julio 2000, Santiago de Cali. Pág. 1 - 17.
- [2] GUTIÉRREZ R. DÉLMAR, Guía de Seminario de Ingeniería 1016, Oficina de Publicaciones Corporación Universitaria Autónoma de Occidente Versión 6.0 Enero 2.001 Pág. 44 - 52.
- [3] CROSS HARDY, Los Ingenieros y las Torres de Marfil, Edición Mc Graw Hill 1.999, México D.F. Pág. 1 – 8
- [4] GULLMAN DAVID, The mechanical design process, International Edition 1992, Oregon State University. Pág. 89 – 250.
- [5] EIDE ARVID R., JENISON ROLAND D., MASHAW LANE H., NORTHUP LARRY L., Introduction to Engineering Design, 1998, Pág. 71 – 122.

# Los Proyectos de Semestre: una Actividad para la Formación de Líderes Académicos

Ingeniero Jaime A. Aguilar Z., M. Sc.  
Pontificia Universidad Javeriana - Cali

## RESUMEN

En este artículo se presenta una propuesta de trabajo curricular que se ha llevado a cabo en la Carrera de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana – Cali y en la actualidad en toda la Facultad de Ingeniería; consistente en la realización de proyectos semestrales con una metodología propia que favorecen la integración vertical de las asignaturas y el fortalecimiento de un conjunto de habilidades para el ingeniero actual.

El proyecto de semestre se aplica desde el quinto hasta el octavo semestre de la carrera de Ingeniería, en el cual un conjunto de profesores de cada semestre propone un proyecto integrador de tipo práctico de las asignaturas. El proyecto presenta cuatro momentos importantes con participación activa de profesores y estudiantes. Los cuatro momentos son: La entrega inicial de una propuesta de solución con un cronograma asociado, dos entregas parciales y una final. Las entregas parciales y la final involucran un reporte escrito, el cual debe estar contextualizado al problema, y deben ser sustentadas al grupo de docentes. En la entrega final existe adicionalmente una sustentación pública del fundamento teórico subyacente, una presentación de la solución práctica propuesta para el problema de base y la entrega de un artículo empleando un formato académico-científico internacional.

## I. INFORMACION GENERAL

La formación de Ingenieros Electrónicos competentes en el campo laboral y con capacidades académicas sobresalientes requiere, en el pregrado, enfrentar a los estudiantes con problemas de mediana complejidad de la disciplina en cuanto al desarrollo de productos y que dicho pregrado les haya permitido experimentar el trabajo en grupo para poder llevar a feliz término un proyecto. En la Carrera de Ingeniería Electrónica ha existido una preocupación continua para lograr estas cualidades: este documento presenta una de dichas estrategias conocida como el Proyecto de Semestre. El Proyecto de Semestre es una estrategia que pone de manifiesto en forma explícita ciertas cualidades que se requieren en el Ingeniero actual y que erróneamente se han considerado innatas en el individuo como lo es la capacidad de defender oralmente una idea ante un grupo, escribir correctamente, lograr sintetizar, conceptualizar, proponer y trabajar en grupo de manera efectiva.

La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) ha estado continuamente preocupada por la formación de los ingenieros y ha expresado la necesidad de tener planes de estudio que incentiven la conceptualización, la participación y la creatividad<sup>i</sup>. El Proyecto de Semestre va en sintonía con este deseo.

La información aquí contenida resalta los objetivos que pretende la estrategia curricular, las características operativas que requiere la actividad para un resultado óptimo y la descripción de las habilidades técnicas y no técnicas que se favorecen en el estudiante.

## II. OBJETIVOS

La estrategia académica que se ha denominado Proyecto de Semestre busca incentivar la capacidad investigativa de los estudiantes en la resolución de problemas en ingeniería<sup>ii</sup>. Esta figura académica busca evidenciar en forma práctica la coherencia curricular que se encuentra plasmada en un plan de estudios, buscando también favorecer la capacidad de planeación del trabajo, esencial para los procesos investigativos y para una óptima inserción laboral.

Desde el punto de vista de la formación integral, con el Proyecto de Semestre se busca trabajar las siguientes dimensiones: la comunicativa, la cognitiva y la afectiva. La última dimensión que puede pensarse ajena al proceso académico es de vital importancia puesto que facilita el desarrollo de un espíritu de convivencia, de tolerancia y de solución de conflictos presentes en los trabajos de grupo y donde esta dimensión es clave para un adecuado rendimiento.

En Ingeniería Electrónica para procesos de evaluación se busca cuantificar tres aspectos como son el aprendizaje de la electrónica, las habilidades comunicativas y la metodología de la investigación.

## III. CARACTERÍSTICAS

El Proyecto de Semestre es una figura académica del plan de estudios de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, que se desarrolla en cuatro semestres consecutivos, desde el quinto hasta el octavo semestre. Dicho proyecto integra verticalmente un conjunto de asignaturas que se encuentran en el plan de estudios semestral de la carrera, pero no es otra asignatura del p<sup>é</sup>nsum. Parte de la proposición de un problema de ingeniería de mediana complejidad que debe ser enfrentado por un grupo de estudiantes, generalmente de tres a cuatro personas, quienes sugieren un plan de solución al problema planteado utilizando herramientas conceptuales que son abordadas en las asignaturas respectivas y haciendo uso de su creatividad en la consecución de información relevante al tema.

Existen tres eventos, previos a la entrega final, para la supervisión de los proyectos. El primer momento, asociado con la primera entrega, es para discutir el primer documento entregado por el grupo el cual contiene un diagrama de tiempos en el que se encuentran: las tareas a cumplir, los indicadores de logro y los tiempos asociados para dichas tareas. Esta entrega es la primera aproximación a la solución del problema y, aunque en algunas ocasiones se presenta con un gran componente intuitivo para la solución, esto no quiere decir que sea carente de investigación<sup>iii</sup>.

El segundo momento, correspondiente con la segunda entrega del proyecto, es para recibir y analizar los resultados alcanzados con base en lo propuesto en la primera entrega y por lo general para la recepción de un nuevo y definitivo cronograma, en caso de que el colectivo de profesores así lo sugieran en la primera entrega o porque el grupo de estudiantes lo considere necesario al enfrentar más a fondo el problema. El aprender del error, habiendo enfrentado el problema, es una estrategia

pedagógica válida y como lo sugiere el padre Alfonso Borrero S.J., permite realizar una verdadera educación para el futuro<sup>iv</sup>.

El tercer momento, asociado con la tercera reunión, es propiamente de evaluación de logros, según el cronograma definitivo. Esta entrega se caracteriza por un avance significativo del problema y es donde se evalúa el grado de cohesión del grupo bajo los resultados presentados.

La entrega final es la última etapa del proceso y en ella se evalúan los resultados alcanzados. En la Carrera de Ingeniería Electrónica se involucra en esta etapa: el funcionamiento de un diseño en hardware y software, la sustentación pública ante los compañeros de curso y el análisis de los documentos finales. En la Tabla 1 se encuentra el esquema de trabajo del Proyecto de Semestre.

SEMANA	ACTIVIDAD	CARACTERÍSTICA
1	PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA	PROYECTO DE INTEGRACIÓN VERTICAL
3	FORMULACION DE CRONOGRAMA	PRESENTACIÓN DE UN PLAN DE TRABAJO (GANT)
4	PRIMERA PRESENTACIÓN A PROFESORES	ANÁLISIS DEL PLAN DE TRABAJO, SUSTENTACIÓN E INFORME ESCRITO
8	SEGUNDA PRESENTACIÓN A PROFESORES	PRIMER AVANCE DEL PROYECTO, SUSTENTACIÓN E INFORME ESCRITO
12	TERCERA PRESENTACIÓN A PROFESORES	SEGUNDO AVANCE DEL PROYECTO, SUSTENTACIÓN E INFORME ESCRITO
16	ENTREGA FINAL	SUSTENTACIÓN PÚBLICA EJECUCIÓN DEL PROYECTO DOCUMENTO FINAL ESCRITO TÉCNICO

**TABLA 1. ETAPAS DEL PROYECTO DE SEMESTRE**

#### **IV. HABILIDADES QUE SE FORTALECEN**

Entre las habilidades que se cultivan con el Proyecto de Semestre está el conveniente manejo del tiempo, la adecuada redacción, la capacidad de síntesis, la correcta presentación en público de propuestas y desarrollos, la capacidad de elaborar un producto partiendo de especificaciones generales y, por último, la forma de realizar evaluaciones económicas cuando se genera un nuevo producto o una nueva estrategia en ingeniería. Cada uno de estos aspectos se discutirá a continuación y se los valorará con el propósito de ilustrar la importancia que ellos tienen en la inserción exitosa del estudiante en futuros grupos de trabajo empresarial o académico. Este proceso también permite formar personas con alta capacidad de liderazgo: una de las características que se requieren actualmente en los profesionales para promover el desarrollo del país. Desde el punto de vista curricular esta metodología con varias disciplinas que dan soporte al trabajo para la solución de un problema de característica compleja se denomina interdiscipliniedad compuesta y es muy adecuada en los procesos educativos modernos<sup>v</sup>.

##### ***A. El Manejo del Tiempo en el Desarrollo del Proyecto de Semestre***

Con el Proyecto de Semestre se busca que el estudiante tenga conciencia sobre la importancia que reviste la planeación de las actividades y su asociación con el tiempo para el logro de objetivos

propuestos. Es por esta razón que se exige al inicio del proyecto un cronograma de actividades, con tiempo asociado por actividad y con indicadores de logro que permitan verificar la realización de las tareas. Se sugiere que para la presentación de estos cronogramas se haga uso de las herramientas computacionales disponibles en el mercado que permiten, entre muchas otras cosas, establecer tareas en forma paralela, fijar tiempos asociados a dichas tareas y señalar predictores de éxito o indicadores de logros de las actividades propuestas. El ejercicio que hace el estudiante al plantear un cronograma se convierte en su patrón de seguimiento de la actividad, y le permite cuestionarse cómo se puede trabajar en paralelo y cómo optimizar recursos. Para el conjunto de profesores que hace el seguimiento del proyecto el cronograma les facilita una verificación de avance, con base en una programación preestablecida.

### ***B. La Adecuada Redacción en el Proyecto de Semestre.***

Uno de los objetivos generales del currículo es que “una persona educada debe ser capaz de pensar y escribir con claridad y efectividad”<sup>vi</sup>. Uno de los problemas que se presentan más frecuentemente entre los ingenieros es la poca práctica de redacción, lo que origina debilidad en la transmisión de ideas y de conceptos. En este aspecto, el Proyecto de Semestre pretende cultivar esta habilidad, solicitando al grupo de trabajo cierto número de entregas escritas durante el desarrollo del proyecto. Las entregas escritas son parciales, del documento final y de un documento con formato académico-científico internacional para publicaciones como el sugerido por la IEEE en sus publicaciones.

### ***C. La Capacidad de Síntesis en el Proyecto de Semestre***

Cuando la información es apropiada se está en capacidad de emitir un juicio o una interpretación de lo leído. Este proceso de interpretación favorece la capacidad de síntesis sobre la cual trabaja el Proyecto de Semestre en cada entrega parcial del proyecto. A su vez, junto al resultado final se debe presentar un escrito en forma sintética denominado un “paper”, el cual contiene la información resumida pero completa del trabajo desarrollado. El formato de este documento de tipo técnico, se realiza con base en las recomendaciones de la IEEE sobre la presentación de artículos técnicos y se utiliza para la presentación de reportes técnicos a nivel académico-científico en el área de la Ingeniería.

Otra actividad en la cual se evalúa la capacidad de síntesis es en la sustentación final del proyecto, en ella el grupo de estudiantes cuenta con sólo quince minutos para presentar los resultados y la forma en que abordaron la solución del problema planteado. En este evento se programan 5 minutos para preguntas de parte de los profesores o del auditorio.

### ***D. La Presentación para el Público en el Proyecto de Semestre***

Los espacios destinados para fortalecer esta aptitud en el Proyecto de Semestre son las entregas parciales del avance del proyecto y la sustentación final. En las entregas parciales los estudiantes se reúnen con los profesores, quienes previamente han leído el reporte escrito, y argumentan las afirmaciones que han propuesto, mientras que los profesores establecen un diálogo con los estudiantes para conocer el grado de compenetración con el problema y sugerir estrategias más eficientes. Esta práctica crea en los estudiantes el hábito de hablar en público, de argumentar y de defender posiciones frente otras personas, convirtiéndolos en líderes de grupos de trabajo, puesto que conocen los principios y saben defenderlos en público.

### ***E. La Elaboración de un Producto en el Proyecto de Semestre***

En el Proyecto de Semestre se proponen problemas que llevan al desarrollo de un producto desde su concepción como idea hasta el trabajo terminado. Lo que se busca en este caso es teorizar para proponer y que de la propuesta surja la creación. En términos de ingeniería lo que se conoce como el análisis, el diseño y la implementación. Este proceso permite verificar la validez de lo propuesto con una rigurosa argumentación de carácter técnico y en la entrega final se ve plasmada la realidad con un producto terminado.

### ***F. La Evaluación Económica en el Proyecto de Semestre***

Aunque el Proyecto de Semestre es un ejercicio didáctico no excluye el análisis del componente económico de la propuesta, lo que tiene validez pues en la Universidad se están formando ingenieros que en el futuro tomarán decisiones de carácter económico en inversiones y si prestan servicios deberán cuantificar adecuadamente su trabajo. Con este pensamiento, el Proyecto de Semestre involucra en el reporte final una evaluación económica en la que se consideran valores de materia prima, de costos del trabajo del estudiante, y se involucran conceptos como el “know-how” que le da un valor agregado al producto.

## **V. LOS REQUERIMIENTOS PARA EL ÉXITO DE LA PROPUESTA DEL PROYECTO DE SEMESTRE**

El planteamiento de la propuesta que se ha presentado exige unos requerimientos mínimos para que el fruto deseado se consiga. Estos requerimientos también podrían convertirse en restricciones: El primer requerimiento es que exista por semestre un número mayoritario de profesores con vinculación de tiempo completo o de medio tiempo con la Universidad. En el caso donde esto no sea posible debe proveerse administrativamente las condiciones, a los profesores de cátedra con una asignación horaria preestablecida, para que se favorezca esta actividad.

El segundo requerimiento es que debe existir una motivación previa por parte del cuerpo profesoral y estudiantil sobre lo provechoso de la propuesta: si el proyecto de semestre llegara a convertirse en otro requisito académico adicional, la propuesta fracasaría puesto que no habría conciencia sobre su importancia.

El tercer requerimiento es la presencia entre los profesores de cada semestre de un líder del proyecto. La figura del líder sirve para favorecer los procesos de comunicación entre profesores y concertar con los estudiantes los momentos más adecuados para las entregas parciales, al tiempo que permite el manejo de conceptos homogéneos entre profesores.

Un cuarto requerimiento es el contar con condiciones acordes para el desarrollo del proyecto, pues esto se traduce en una disponibilidad de Laboratorios y de recursos bibliográficos que garantizan los medios académicos para el logro de los objetivos propuestos en la experiencia.

Un quinto requerimiento es por parte de los profesores de un cumplimiento riguroso del esquema planteado de las entregas parciales y de evaluación de las mismas, que permitan verificar adecuadamente el estado de las actividades propuestas en los cronogramas. No puede exigírsele a un estudiante el cumplimiento de un cronograma de actividades si el conjunto de profesores no cumple con el acordado para hacer el seguimiento, pues se educa con el ejemplo.

Un último requerimiento es establecer claramente la cuantificación del proyecto por asignatura, dando importancia al producto total, sin perder la ponderación a cada asignatura. La estrategia que se utiliza en ingeniería Electrónica es dar un valor del 15% a cada una de las dos entregas parciales

y en la entrega final otorgar el restante 70%. Así, la ejecución tiene un valor del 25%, la sustentación pública 25%, el informe final 15% y el paper el 5%. Todos los profesores emiten estas notas, pero la nota final por materia se calcula tomando el valor promedio de las dadas por los profesores y multiplicada por el 40% y la nota propia de cada asignatura se multiplica por el 60%. En la Tabla 2 se muestra un ejemplo donde el grupo de 4 estudiantes es evaluado por un conjunto de tres profesores. La columna Nota es la nota definitiva por materia y que se consignará en el registro de notas de los profesores.

Integrantes	Profesor	Entrega 1	Entrega 2	Funcionamiento	Presentación	Informe	Paper	Definitiva	Nota
Gómez	Jaime Aguilar	3.00	4.00	4.20	3.50	3.50	3.50	3.68	3.72
Duque	Alejandro Paz	3.20	3.50	4.00	4.00	3.80	3.20	3.74	3.76
Guzmán	Luis Roberto Rivera	3.50	4.20	4.30	3.80	4.00	3.40	3.95	3.88
Bedoya	Total	3.23	3.90	4.17	3.77	3.77	3.37	3.79	

Tabla 2. Modelo de Calificación del Proyecto

## VI. CONCLUSIONES

La estrategia curricular ha permitido trabajar en una nueva propuesta de educación en la cual el papel fundamental del estudiante pasar de ser meramente receptivo a propositivo y contextualizador de la ciencia. Los estudiantes se vuelven protagonistas de su desarrollo explotando en el proceso el desarrollo de habilidades creativas, de imaginación y de rigurosidad científica.

La participación activa de docentes y la característica curricular integradora de los proyectos de semestre permite dar mayor coherencia y consistencia al plan de estudios de una carrera logrando hilar conocimientos multidisciplinarios en la solución de problemas puntuales, pertinentes al ejercicio de la ingeniería, a través de la contextualización práctica del saber teórico.

La estrategia ha permitido que los estudiantes logren entre otras cosas: afianzar sus conocimientos por medio del aumento en la frecuencia metodológica propia de los proyectos ingenieriles; desarrollar una cultura de la indagación y la capacidad de análisis con base científica; reconocer las bondades del trabajo individual y su aporte al trabajo en equipo; y abordar problemas de mayor complejidad temática a consecuencia de la integración vertical y horizontal de contenidos. Sin lugar a dudas, además de los logros anteriores, se percibe un incremento notable en la motivación por parte del estudiante hacia el ejercicio de su carrera reflejado en los resultados académicos y el aumento en sentido de pertenencia por la profesión.

<sup>i</sup> Actualización y Modernización del Currículo en Ingeniería Eléctrica-Electrónica. Septiembre de 1996 ACOFI. Recomendaciones. Metodologías Item 2. Pag. 21

<sup>ii</sup> ACOFI, Actualización y Modernización del Currículo en Ingeniería Eléctrica-Electrónica, Septiembre de 1996, Metodologías Item 3. Pag. 21

<sup>iii</sup> Alfonso Borrero S.J, Más Allá del Currículo. Simposio Permanente sobre la Universidad 1998-1999, Página 13.

<sup>iv</sup> Alfonso Borrero S.J, Más Allá del Currículo. Simposio Permanente sobre la Universidad 1998-1999. Página 14

<sup>v</sup> Alfonso Borrero S.J, La Interdisciplinariedad. Simposio Permanente sobre la Universidad 1998-1999. Página 33

<sup>vi</sup> Alfonso Borrero S.J, En Busca del Conocimiento Esencial: La Formación General en la Universidad Simposio Permanente sobre la Universidad 1998-1999, Página 25

# **INFLUENCIA DE LOS REFERENTES INTERNACIONALES Y LOS ESTUDIOS REGIONALES EN EL PROCESO DE AUTOEVALUACIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE MINAS**

**María Eugenia Muñoz Amariles – Universidad Nacional de Colombia (Medellín)**

## **RESUMEN**

El proceso de Autoevaluación de Ingeniería Mecánica en la Facultad de Minas, ha sido un proceso de reflexión académica sobre lo que somos y lo que aspiramos ser, para lo cual se han emprendido tareas tendientes hacia la modernización del currículo, tanto en los contenidos como en la incorporación de nuevas tecnologías y herramientas de simulación y modelamiento, teniendo como base la exploración de programas de ingeniería ofrecidos en el exterior sin perder de vista los frentes de trabajo que es necesario fortalecer o impulsar en el ámbito local y nacional.

Se realizó un análisis comparativo por áreas y subáreas del conocimiento en los campos de formación básica y profesional entre 13 referentes internacionales y 10 nacionales (distribución porcentual por temas en cada uno de los currículos analizados). Posteriormente se hizo un trabajo de confrontación de los resultados obtenidos con las tendencias ocupacionales en el Valle de Aburrá y en el ámbito nacional en los campos de desempeño de los Ingenieros Mecánicos.

## **JUSTIFICACIÓN Y PROCEDIMIENTO UTILIZADO**

La revisión de programas curriculares del ámbito internacional, el conocimiento de las políticas de desarrollo y los frentes de trabajo regionales, son ingredientes fundamentales para la estructuración de un currículo que forme un ingeniero competitivo a escala mundial sin perder de vista las necesidades regionales y nacionales. Esta fue una de las grandes preocupaciones manifestadas por los estudiantes y docentes de Ingeniería Mecánica través de una encuesta y un foro realizados al comienzo del proceso de autoevaluación.

Orden de las acciones realizadas:

- 1 Identificación de las áreas de formación básica de un ingeniero mecánico, para lo cual se tomó como referencia el plan mínimo de estudios establecido dentro de los requisitos de creación y funcionamiento de programas, Acofi-Icfes [1].
- 2 Distribución de las áreas y subáreas en los campos de formación básica y profesional. Fue importante desarrollar esta tarea buscando referentes externos con el fin de evitar la determinación de áreas (de especialización del profesorado), que podrían no ser fundamentales o la exclusión por desconocimiento. Como esta labor ya había sido desarrollada por el Consejo Técnico del proyecto Exámenes para ingenieros [2] se decidió adoptar su estructura con pequeñas variaciones.



- La estructura adoptada tiene la ventaja de que tiene definidos los temas fundamentales para cada subárea, por esta razón se escogió como la base fundamental para el análisis comparativo de las diferentes instituciones seleccionadas para el estudio.
- 3 Distribución de las asignaturas obligatorias (medulares) de 10 planes de estudio de universidades colombianas y 34 universidades del ámbito internacional (Latinoamérica Norteamérica, Europa, Oceanía, Asia) dentro de la estructura de áreas y subáreas definida en la segunda acción. En este caso la distribución se realizó solamente sobre las áreas debido a que por el nombre de algunas de ellas era difícil ubicarlas dentro de las subáreas; por ejemplo, en el área de matemáticas, algunas universidades tienen las asignaturas como matemáticas I, II III, etc, con esos nombres ¿cómo es posible saber cual corresponde a la subárea de calculo diferencial o Álgebra lineal?
  - 4 Distribución de las asignaturas obligatorias de 13 planes de estudio de universidades del ámbito internacional (Latinoamérica Norteamérica, Europa, Oceanía) dentro de la estructura de áreas y subáreas definida en la segunda acción. Para este caso se obtuvieron los contenidos de las asignaturas obligatorias de dichas universidades y se efectuó la distribución de cada uno de los temas de las asignaturas dentro de las subáreas definidas para cada área. Esto trae la ventaja de que se obtiene el peso específico real de cada subárea; por ejemplo, es común que en los cursos de calculo se mezclen los temas del calculo diferencial y el del calculo integral, con esta distribución se sabe exactamente el peso de cada subárea.  
Es importante notar que se tuvo el cuidado de tomar solo las asignaturas que constituyen los pilares fundamentales de la profesión, de manera que no afecta mucho la diferencia entre las ingenierías de 4 y 5 o mas años (sus últimos cursos son de especialización) [3].
  - 5 Promedio de los resultados obtenidos por áreas entre los referentes internacionales, los nacionales y los obtenidos por el Consejo Técnico (este proyecto realizó un trabajo muy valioso en el que participaron universidades y algunas industrias [2]). Para la determinación del peso definitivo de las áreas, que permita tomar decisiones sobre el direccionamiento del currículo, es sano tomar el promedio por que las áreas tratadas no incluyen especializaciones.
  - 6 Primera aproximación en la determinación del peso de las áreas medulares en el currículo de IM de la Facultad de Minas, teniendo como base los promedios obtenidos en la acción anterior. Es importante notar que, de acuerdo a la organización de los programas curriculares (Acuerdo 14 de 1990) [4], el comité asesor de carrera determinó que las asignaturas del núcleo profesional tendrán un 75% del tiempo en docencia presencial y el núcleo flexible el 25%. Por lo tanto los pesos obtenidos de cada una de las áreas y subáreas del estudio deben ser distribuidos en el núcleo profesional.
  - 7 Síntesis de los planes de desarrollo y de las tenencias ocupacionales en Medellín y el Área metropolitana.

## ESTUDIO INTERNACIONAL

Áreas del Campo de formación Básica	Matemáticas, Física, Química, Humanidades
Áreas del Campo de formación profesional	Mecánica y Diseño de Máquinas, Termofluidos, Materiales, Procesos de Manufactura, Económico- Administrativa, Interdisciplinaria

En el **Anexo A** se describe la estructura completa con las 57 subáreas seleccionadas. Los **Anexos B, C, D** contienen las distribuciones porcentuales detalladas, por áreas, de todas las universidades analizadas. El **Anexo E** contiene las distribuciones porcentuales detalladas, por subáreas, de todas las universidades que se sometieron a el análisis de distribución temática. El cuadro que se ilustra a continuación es un síntesis de los resultados obtenidos por áreas.

Tabla 1. Resultado del estudio internacional y nacional por áreas

	MATEMÁTICAS	FÍSICA	QUÍMICA	HUMANIDADES (NÚCLEO FLEXIBLE)	REPRESENTACIÓN GRÁFICA	MECÁNICA DE SÓLIDOS	DISEÑO DE MAQUINAS	TERMOFLUIDOS	MATERIALES	PROCESOS DE MANUFACTURA, MANTENIMIENTO, SEGURIDAD INDUSTRIAL	ECONÓMICO ADMINISTRATIVA	CONTROL, ELECTRICIDAD, ELECTRONICA	COMPUTADORES, SIMULA MODELA	AMBIENTAL
% PROMEDIO INTERNACIONAL (distribución por materias. 34 universidades)	13,5	4,6	2,8	6,1	2,8	13,2	11,1	13,1	4,6	5,9	5,4	9,4	6,4	0,9
% PROMEDIO INTERNACIONAL (distribución temática. 13 universidades)	14,0	5,0	3,4	1,7	4,9	19,0	10,3	12,6	4,9	4,4	5,6	7,9	5,8	0,4
% CONSEJO TÉCNICO (distribución temática)	14,3	7,7	6,4	4,1	6,1	10,5	2,8	8,4	7,1	11,7	8,9	6,9	3,8	1,3
% PROMEDIO AMBITO NACIONAL (distribución por materias. 10 universidades)	13,3	4,4	2,1	15,2	5,6	10,2	9,0	13,2	3,9	7,0	6,4	5,6	3,6	0,3
% PROMEDIO TOTAL (Internacional por temáticas - Consejo Técnico - Nacional)	13,8	5,7	3,9	7,0	5,5	13,2	7,4	11,4	5,3	7,7	7,0	6,8	4,4	0,7
% NACIONAL MEDELLÍN (distribución temática hoy)	9,9	4,9	2,7	19,2	1,1	7,1	4,1	9,6	9,3	17,0	4,1	2,7	4,9	3,0
% NACIONAL MEDELLÍN (distribución por horas/semana hoy)	12,8	7,2	2,4	19,2	4,8	8,8	2,4	13,6	7,2	12,0	1,6	4,0	3,2	0,8
<b>DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL CON EL PROMEDIO TOTAL (Se toma como base el 75% para el núcleo rígido y el 25% para el núcleo flexible. Acuerdo 14 )</b>	<b>11,2</b>	<b>4,6</b>	<b>3,2</b>	<b>25,0</b>	<b>4,5</b>	<b>10,7</b>	<b>6,0</b>	<b>9,2</b>	<b>4,3</b>	<b>6,2</b>	<b>5,6</b>	<b>5,5</b>	<b>3,6</b>	<b>0,6</b>

\* Las asignaturas que conforman el núcleo flexible de la estructura del plan de estudios de IM de la Universidad Nacional de Colombia fueron incluidas en esta área (Electivas, Líneas de Profundización, Cursos de Contexto y Trabajos dirigidos de grado).

## **ESTUDIOS REGIONALES**

### **Apartes de los proyectos del plan estratégico de Medellín y el Valle de Aburra de interés para ingeniería mecánica [5]**

*Centro internacional textil, confección y moda:* para el proyecto se requiere el fortalecimiento de la cadena productiva fibra - textil - confección para la industria de la confección. Medellín es un centro importante de maquila para firmas europeas y americanas.

*Programa de apoyo a la construcción de tejido empresarial:* el proyecto consiste en identificar y promover los sectores que funcionen con procesos de integración de empresas para la obtención de un producto y que cuenten con buen potencial de desarrollo. Los sectores identificados inicialmente como cadenas productivas en Medellín son: Confección, Conservas, Alimentos en Pulpa y Los servicios modernos con capacidad de articular las actividades manufactureras y de servicios con las que cuenta la ciudad. Es fundamental el refuerzo con la tecnología informática.

*Plan integrado de Transporte para el Valle de Aburrá:* El proyecto consiste en la revisión, actualización e implementación un plan que permita impulsar los diversos modos de transporte: el Metro, el tren suburbano, la línea férrea nacional, las líneas de transporte masivo de capacidad media integradas al metro (Metroplus), los sistemas de cable aéreo, las líneas de transporte colectivo y el tren de cercanías desde Niquia hasta Barbosa.

*Empresas Publicas de Medellín* cuenta con el desarrollo de los proyectos de las Microcentrales hidroeléctricas: La Vuelta, La Herradura, las centrales Pescadero Ituango y Porce III.

*Programa emprendedores:* El programa está enfocado a propiciar la creación de empresas de nuevas tecnologías buscando consolidar empresas competitivas de categoría internacional: producción y desarrollo de software y la ingeniería con aplicaciones de nuevas tecnologías.

### **Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia [6]**

La línea de acción “Desarrollo tecnológico y la Innovación” del centro está integrada por las áreas: Planes Indicativos de Desarrollo Tecnológico y Mejoramiento continuo. Los proyectos que se gestan en estas áreas tienen la ventaja de ser desarrollados por equipos de trabajo interdisciplinarios e interinstitucionales conformados por universidades, centros de desarrollo tecnológico, consultores y profesionales de las empresas. Ello facilita la identificación de las necesidades y potenciales de desarrollo de la región. Por ejemplo, la industria del software se ha identificado como una de las de mayor potencial competitivo en nuestro medio, por su alto valor agregado en inteligencia; de otro lado los procesos constructivos son los que muestran mayor atraso tecnológico dentro de las empresas.

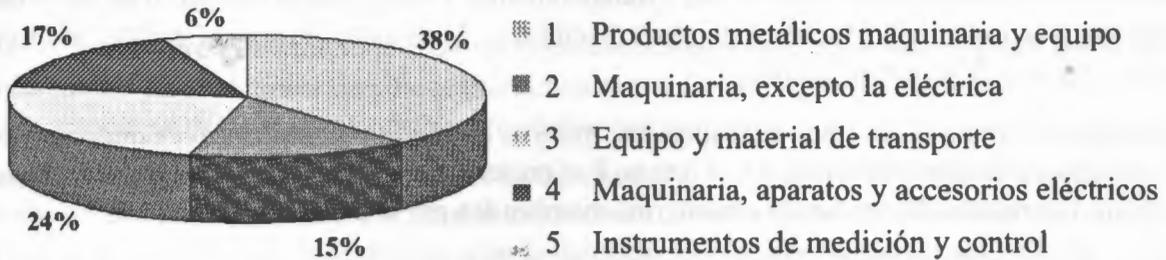
Necesidades más comunes de las industrias inscritas en los planes del centro con la participación del Ing. Mecánico (153 proyectos  $\Rightarrow$  planes indicativos, 27  $\Rightarrow$  en mejoramiento continuo):

- o Definición, desarrollo e implementación de instrumentos de diagnóstico tecnológico para los procedimientos productivos.
- o Identificación y Formulación de proyectos de mejoramiento continuo de los procesos productivos.
- o Implementación de metodologías para el desarrollo de productos y definición de los procesos que intervienen en su transformación, para que cumplan con las especificaciones y los requisitos del sistema de calidad.

- o Mejoramiento de tecnologías actuales e implementación de nuevas tecnologías.
- o Disminución de los procesos productivos tanto internos como externos hasta un nivel que le permita a las empresas mantenerse en un mercado competitivo.
- o Automatización de sistemas de acuerdo a las necesidades de las empresas.

### Tendencias ocupacionales en el sector metalmeccánico del Valle de Aburrá [7]

La cadena metalmeccánica de la industria colombiana esta compuesta por las siguientes agrupaciones de empresas con las concentraciones mostradas en la ilustración:



La mayor concentración de empresas en el grupo 1 se debe a que existen muy pocas barreras para el montaje de negocios para la fabricación de herramientas y artículos de ferretería y a que es una producción de tipo artesanal en talleres pequeños.

#### Análisis del sector

No existe unidad empresarial como cadena productiva. Los empresarios No promovieron la modernización tecnológica durante la década de los noventa. Como resultado se tiene que las empresas son menos competitivas para responder con calidad a la demanda de los productos y servicios. A continuación se ilustra una radiografía del grado de desarrollo tecnológico del sector:



**Avanzado:** área más desarrollada que los estándares internacionales.

**Estándar:** tecnologías similares a las actuales.

**Obsoleta:** tecnologías demasiado de depreciadas.

**Arcaica:** tecnologías de los primeros desarrollos tecnológicos del sector.

El grado estándar en las materias primas se debe a que la mayor parte de estas son importadas. La mano de obra se capacita sobre tecnologías obsoletas y sin profundización en métodos de trabajo.

#### Tendencias ocupacionales

**Área del transporte:** Fabricación de partes y componentes que se integran en el ensamble de vehículos, equipos para navegación acuática, equipos ferroviarios y aeronaves bajo las normas de calidad impuestas por las ensambladoras. Y producción de repuestos que cumplan con los mismos rigores de calidad.

**Área de la confección en Medellín y el Área Metropolitana:** Fabricación de herrajes, botonería metálica, soportes metálicos para brasieres. Construcción de muebles de apoyo para cabezotes y soportes para conos; de otro lado, Establecer alianzas con productores internacionales para hacer transferencia de tecnologías para la elaboración de repuestos y equipos de alta precisión.

**Área de transmisión y transformación de energía eléctrica:** Fabricación de torrecillas metálicas para la reposición de la postería que se encuentra deteriorada o mantenimiento correctivo y preventivo de torres utilizando la técnica de galvanizado en caliente. Fabricación de equipos para

vestir postera, herrajes para líneas eléctricas y telefónicas, conectores y grapas. Participar en programas de desarrollo de productos para la transmisión y la transformación de energía eléctrica en asocio con empresas internacionales.

*Subtemas prioritarios para el desarrollo de Antioquia hacia el 2010 [8]*

El estudio de referencia [8] evidencia las necesidades y las tendencias del sector productivo de la región, determinado por 21 expertos en academia - investigación, 22 del sector industrial, 3 consultores, 4 representantes del gobierno, 7 independientes y otros. Este se centró en las áreas que diferencian a la Ingeniería Mecánica de otras disciplinas: Materiales, Procesos de Manufactura, Energía y Diseño de sistemas Técnicos.

La investigación reporta dos tipos de resultados: *Análisis de Puntaje* y *Análisis del Consenso* para cada subtema en las diferentes áreas. En el **Anexo F** se presenta una tabla con los valores porcentuales de puntaje y consenso de los temas prioritarios distribuidos por áreas.

Dado que la selección de los temas prioritarios se fundamentó en consensos superiores al 50% y puntajes superiores al 60%, para este estudio se tomo la decisión de trabajar con el promedio de ambos análisis la (4ª columna de la tabla del anexo F).

En el siguiente cuadro se presentan: los registros del número de subtemas propuestos por los investigadores; la cantidad de subtemas priorizados; la cantidad de temas desconocidos por la mayoría de los panelistas (la base para este último fue la cantidad total de puntos obtenidos en los registros del promedio de consenso y puntaje).

Área	Subtemas Propuestos	Subtemas Priorizados	Subtemas Desconocidos	Peso de las necesidades de desarrollo de las 4 áreas
Diseño de sistemas	14	12	1	 35 %
Energía	13	8	0	 20 %
Proccsos de Manufactura	32	11	5	 28 %
Materiales	57	5	50	 17 %

Con el propósito de identificar las necesidades más apremiantes de la región se realizó una clasificación por rangos de prioridad de los subtemas, independiente del área a la cual pertenecen.

RANGOS	SUBTEMAS EN ORDEN DESCENDENTE DE PRIORIDAD
90% - 100%	Termoestables 98 ⇒ Termoplásticos 97 ⇒ Maquinaria y Mecanismos Hidráulicos y Neumáticos 95 ⇒ Maquinas y equipos de transporte 94 ⇒ Equipos Térmicos (Intercambiadores, Calderas, etc) 92
80% - 89%	Maquinaria y Equipos Agroindustriales 86 ⇒ CAD, CAM, CAPP, CAE, CIM, FMS, Rapid prototyping 85 ⇒ Instrumentos de Medición y Control 85 fi Energías Alternativas 82 ⇒ Emisiones de Contaminantes 80 ⇒ Producción Limpia 80
70% - 79%	Metodología del Diseño 78 ⇒ Bioingeniería 74 ⇒ Aceros 72
60% - 69%	Diseño Nuevas Tecnologías 67 ⇒ , Fundiciones 67 ⇒ Modelaje, Simulación y Herramientas de Diseño 66 ⇒ Metrología 66 ⇒ Procesos de Endurecimiento 66 ⇒ Capacidad de procesos y control de calidad 65 ⇒ Aplicaciones de Ciencias Básicas al Diseño 63 ⇒ Mantenimiento 62 ⇒ Soldadura y Corte 60 ⇒ Procesos de Ensamble 60
50% - 59%	Modelaje y Simulación en energía 59 ⇒ Procesos de Maquinado 59 ⇒ Optimización de Planta 58 ⇒ Tecnología de Combustores 58 ⇒ Ensayos y Pruebas 57 ⇒ Diseños para el Ambiente 56 ⇒ Tratamientos Superficiales Selectivos del Acero 56 ⇒ Manejo de Materiales 55 ⇒ Recipientes a Presión, Turbomáquinas 53 ⇒ Mecanismos, Robots, Manipuladores, Teleoperadores 51
40% - 49%	Planeación energética 44 ⇒ Sistemas Energéticos 44

## CONCLUSIONES

De los resultados de la subárea de simulación y modelamiento y las necesidades de modernización del sector industrial, es indispensable implementar el trabajo de simulación y modelamiento en las principales áreas del conocimiento de Ingeniería Mecánica.

El área de control estaba ubicada en el núcleo flexible de nuestro currículo, de los resultados obtenidos se evidencia la necesidad de implementar los fundamentos de automatización y control dentro de la formación esencial del ingeniero mecánico.

Es un hecho que el sector industrial no tiene conocimientos de una buena gama de materiales diferentes a los materiales metálicos (particularmente ferrosos); en los currículos internacionales la tendencia es hacia el aprovechamiento de nuevos materiales.

La flexibilización es una de las grandes fortalezas del un currículo de ingeniería mecánica porque en las líneas de profundización, se pueden tomar como campos de investigación los temas neurálgicos o los de buen potencial de desarrollo, que se detectan en el sector industrial del Valle de Aburrá en asocio con el centro de desarrollo tecnológico de Antioquia.

En todos los estudios aparece como constante la obsolescencia del sector manufacturero y la urgencia de establecer estrategias de inversión y formación hacia la utilización de tecnologías modernas.

Dada las grandes velocidades con las que se dan hoy en día los cambios tecnológicos, los empresarios son conscientes de que es fundamental una sólida formación en las ciencias básicas y básicas de ingeniería, para que el ingeniero se adapte a los cambios y tenga las condiciones suficientes para implementar soluciones de desarrollo o de adaptación tecnológica.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 ACOFI – ICFES, actualización y modernización del currículo en Ingeniería Mecánica, septiembre de 1996, Santafe de Bogotá, pag 15 - 17.
- 2 CONSEJO TÉCNICO, Contenidos Básicos de la Ingeniería Mecánica, mayo de 1999, Santafe de Bogotá, pag 4 – 55.
- 3 CIDE y UNIANDES. Formación de recursos humanos para la innovación y el desarrollo tecnológico en Ingeniería, Estudio realizado para Colciencias y el DNP, diciembre de 1998.
- 4 COMITÉ DE PROGRAMAS CURRICULARES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Acuerdo 14, septiembre 14 de 1990, Santafe de Bogotá, pag 176 – 178.
- 5 ALCALDÍA DE MEDELLÍN, Plan estratégico de Medellín 2001 – 2003; plan de desarrollo de Medellín. [www.medellin.gov.co](http://www.medellin.gov.co)
- 6 CENTRO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ANTIOQUIA, Estrategia de ciencia y tecnología para Medellín y Antioquia, [www.cta.org.co](http://www.cta.org.co)
- 7 ENFOQUE SOCIAL CONSULTORÍAS, publicado por el proyecto de gestión pública PNUD, Tendencias ocupacionales a mediano plazo en el Valle de Aburrá, Medellín, 2000
- 8 BUILES RESTREPO, CARLOS A Y OTROS, Las prioridades investigativas en Ingeniería Mecánica: un estudio prospectivo en Antioquia, agosto de 2000, Medellín, pag 1 – 248.
- 9 Sitios web de las 34 universidades del exterior y las 10 del interior.

## ANEXO A

### DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS Y SUBÁREAS EN LOS CAMPOS DE FORMACIÓN BÁSICA Y PROFESIONAL

CAMPOS DE FORMACIÓN BÁSICA	ÁREAS	SUBÁREAS
	MATEMÁTICAS	GEOMETRÍA ÁLGEBRA TRIGONOMETRÍA GEOMETRÍA ANALÍTICA ÁLGEBRA LINEAL CALCULO DIFERENCIAL CALCULO INTEGRAL ECUACIONES DIFERENCIALES ESTADÍSTICA Y PROBABILIDAD
	FÍSICA	FÍSICA MECÁNICA FÍSICA TÉRMICA FÍSICA ELECTRICA Y ELECTRÓNICA FÍSICA MODERNA
	QUÍMICA	CONCEPTOS FUNDAMENTALES PROPIEDADES Y ESTADOS DE LA MATERIA SOLUCIONES ESTEQUIOMETRÍA, CINÉTICA Y EQUILIBRIO QCO QUÍMICA ORGÁNICA, COMBUSTIÓN Y QUÍMICA NUCLEAR
	HUMANIDADES	COMUNICACIÓN CULTURA GENERAL IDIOMAS CÍVICA Y DEMOCRACIA INVESTIGACIÓN

CAMPOS DE FORMACIÓN PROFESIONAL	ÁREAS	SUBÁREAS
	MECÁNICA Y DISEÑO DE MÁQUINAS	EXPRESIÓN GRÁFICA MECÁNICA ESTÁTICA Y DINÁMICA RESISTENCIA DE MATERIALES MECANISMOS DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS CAD CAM VIBRACIONES
	TERMOFLUIDOS	MECÁNICA DE FLUIDOS TERMODINÁMICA TRANSMISIÓN DE CALOR CONVERSIÓN DE ENERGÍA EN SISTEMAS TERMODINÁMICOS
	MATERIALES	ESTRUCTURA DE LOS MATERIALES COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES MATERIALES NO METÁLICOS MATERIALES METÁLICOS
	PROCESOS DE MANUFACTURA	METROLOGÍA BÁSICA CONFORMACIÓN PLÁSTICA PROCESOS DE FUNDICIÓN PROCESOS DE UNIÓN PROCESOS DE MECANIZADO PROCESAMIENTO DE PÁSTICOS OTROS PROCESOS PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO
	ECONÓMICO-ADMINISTRATIVA	INGENIERÍA ECONÓMICA FUNDAMENTOS DE ECONOMÍA FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACIÓN LEGISLACIÓN
INTER-DISCIPLINARIA	COMPUTACIÓN ANÁLISIS NUMÉRICO. SIMULACIÓN Y MODELAMIENTO ELECTRICIDAD BÁSICA ELECTRÓNICA BÁSICA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL AUTOMATIZACIÓN INGENIERÍA AMBIENTAL SEGURIDAD INDUSTRIAL MECÁNICA DEL CONTINUO	

## ANEXO B

### DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR AREAS DE ALGUNAS UNIVERSIDADES COLOMBIANAS

	MATEMÁTICAS	FÍSICA	QUÍMICA	HUMANIDADES (NÚCLEO FLEXIBLE)	REPRESENTACIÓN GRÁFICA	MECÁNICA DE SÓLIDOS	DISEÑO DE MAQUINAS	TERMOFLUIDOS	MATERIALES	PROCESOS DE MANUFACTURA, MANTENIMIENTO, SEGURIDAD INDUSTRIAL	ECONÓMICO ADMINISTRATIVA	CONTROL, ELECTRICIDAD, ELECTRONICA	COMPUTADORES, SIMULA MODELA	AMBIENTAL
TECNOLÓGICO DE PEREIRA	10,8	4,6	1,5	16,9	6,2	9,2	6,2	16,9	4,6	6,2	6,2	9,2	1,5	0,0
UIS	9,4	3,8	3,8	13,2	7,6	11,3	11,3	17,0	5,7	5,7	5,7	3,8	1,9	0,0
UNIVERSIDAD DEL NORTE	11,1	5,6	1,9	20,4	5,6	7,4	7,4	16,7	3,7	5,6	7,4	5,6	1,9	0,0
ANTIOQUIA	18,4	4,1	2,0	8,2	6,1	10,2	8,2	14,3	2,0	10,2	10,2	4,1	2,0	0,0
EAFIT	14,3	1,8	1,8	16,1	5,4	8,9	10,7	5,4	3,6	8,9	12,5	7,1	3,6	0,0
UNIVERSIDAD NACIONAL BOGOTÁ	13,0	5,6	0,0	24,1	5,6	11,1	3,7	13,0	3,7	7,4	5,6	3,7	3,7	0,0
UNIVERSIDAD DEL VALLE	15,2	4,4	2,2	13,0	4,4	13,0	8,7	17,4	2,2	8,7	4,4	4,4	2,2	0,0
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA	8,8	4,4	1,5	17,7	5,9	8,8	11,8	13,2	4,4	5,9	1,5	7,4	7,4	1,5
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA	18,2	1,8	3,6	14,5	3,6	10,9	10,9	7,3	3,6	9,1	5,5	5,5	3,6	1,8
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	13,9	8,3	2,8	8,3	5,6	11,1	11,1	11,1	5,6	2,8	5,6	5,6	8,3	0,0
PROMEDIO AMBITO NACIONAL	13,3	4,4	2,11	15,2	5,57	10,21	8,99	13,22	3,91	7,03	6,43	5,62	3,61	0,33

## ANEXO C

### DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR ÁREAS DE 34 UNIVERSIDADES DEL EXTERIOR (Clasificación por materias)

	MATEMÁTICAS	FÍSICA	QUÍMICA	HUMANIDADES (NÚCLEO FLEXIBLE)	REPRESENTACIÓN GRÁFICA	MECÁNICA DE SÓLIDOS	DISEÑO DE MAQUINAS	TERMOFLUIDOS	MATERIALES	PROCESOS DE MANUFACTURA, MANTENIMIENTO, SEGURIDAD INDUSTRIAL	ECONÓMICO ADMINISTRATIVA	CONTROL, ELECTRICIDAD, ELECTRONICA	COMPUTADORES, SIMULA MODELA	AMBIENTAL
PUEBLA	12,2	0,0	2,4	12,2	4,9	17,1	4,9	9,8	4,9	12,2	2,4	12,2	4,9	0,0
PURDUE	15,2	0,0	3,0	9,1	3,0	12,1	15,2	12,1	3,0	0,0	0,0	18,2	9,1	0,0
QUEENS	8,3	5,6	2,8	8,3	2,8	11,1	8,3	13,9	2,8	2,8	8,3	13,9	5,6	5,6
SAN SEBASTIAN	13,3	3,3	3,3	0,0	3,3	26,7	10,0	13,3	3,3	10,0	3,3	6,7	3,3	0,0
SAO PAULO	15,0	6,7	1,7	0,0	0,0	10,0	15,0	11,7	5,0	6,7	6,7	10,0	10,0	1,7
TOKYO TECHNOLOGY	12,1	0,0	0,0	0,0	6,1	21,2	12,1	12,1	6,1	6,1	3,0	12,1	9,1	0,0
PAÍS VASCO	10,0	3,3	3,3	1,7	3,3	16,7	8,3	16,7	5,0	1,7	8,3	11,7	8,3	1,7
PÚBLICA DE NAVARRA	12,2	4,6	4,6	0,0	4,6	18,2	9,1	13,6	4,6	9,1	4,6	4,6	4,6	0,0
BUENOS AIRES	8,6	5,7	2,9	0,0	5,7	14,3	5,7	17,1	5,7	5,7	8,6	11,4	5,7	2,9
TECNOLÓGICO DE MONTERREY	9,8	5,9	2,0	9,8	2,0	7,8	11,8	9,8	5,9	11,8	11,8	5,9	3,9	2,0
WESTERN	11,4	2,3	0,0	4,6	0,0	13,6	15,9	13,6	6,8	9,1	9,1	9,1	4,6	0,0
UNIVERSIDAD DE NAVARRA	11,8	5,9	2,0	3,9	2,0	5,9	5,9	17,7	3,9	7,8	9,8	13,7	5,9	3,9
AUBURN	16,1	6,5	3,2	12,9	0,0	9,7	19,4	12,9	3,2	0,0	3,2	9,7	3,2	0,0
ESCUELA TECNICA INDUSTRIAL BARCELONA	18,6	0,0	4,7	0,0	2,3	11,6	4,7	16,3	4,7	7,0	4,7	14,0	9,3	2,3
CADIZ	13,8	3,5	3,5	0,0	6,9	13,8	17,2	10,3	3,5	10,3	6,9	6,9	3,5	0,0
CALIFORNIA	15,6	9,4	3,1	3,1	6,3	15,6	12,5	15,6	6,3	3,1	0,0	6,3	3,1	0,0
CARLOS III DE MADRID	14,3	3,6	3,6	0,0	3,6	17,9	17,9	14,3	3,6	3,6	7,1	7,1	3,6	0,0
BRITISH COLUMBIA	5,9	0,0	0,0	11,8	0,0	14,7	14,7	8,8	5,9	2,9	5,9	17,7	11,8	0,0
TECHNION ISRAEL INSTITUTE	10,3	6,9	3,5	0,0	0,0	13,8	13,8	13,8	6,9	10,3	0,0	13,8	6,9	0,0
LAUSANNE	15,6	8,9	2,2	0,0	0,0	8,9	8,9	8,9	8,9	4,4	2,2	13,3	11,1	6,7
LIVERPOOL	18,0	2,6	2,6	2,6	2,6	12,8	7,7	7,7	2,6	7,7	5,1	10,3	18,0	0,0
MICHIGAN TECHNOLOGY	15,8	5,3	5,3	7,9	5,3	13,2	10,5	10,5	5,3	2,6	7,9	7,9	2,6	0,0
MIT	12,5	6,3	6,3	8,3	0,0	8,3	14,6	14,6	6,3	8,3	2,1	12,5	0,0	0,0
PONTIFICIA UNIVERSIDAD DE CHILE	21,4	7,1	2,4	4,8	2,4	7,1	9,5	7,1	2,4	0,0	19,1	2,4	14,3	0,0
VIRGINIA	20,0	6,7	3,3	10,0	0,0	13,3	13,3	16,7	3,3	3,3	0,0	3,3	6,7	0,0
KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN	15,4	7,7	5,8	13,5	5,8	11,5	5,8	13,5	3,9	0,0	5,8	5,8	5,8	0,0
FLORIDA	15,2	6,1	3,0	9,1	3,0	15,2	12,1	15,2	3,0	6,1	3,0	3,0	6,1	0,0
ESCUELA SUPERIOR DE ING MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS	8,5	6,4	0,0	4,3	2,1	14,9	6,4	12,8	10,6	8,5	10,6	10,6	4,3	0,0
SANTIAGO CHILE	16,1	6,5	3,2	6,5	6,5	3,2	9,7	16,1	3,2	9,7	6,5	9,7	3,2	0,0
WISCONSIN	15,4	3,9	3,9	7,7	3,9	19,2	7,7	15,4	3,9	7,7	0,0	3,9	7,7	0,0
UNIVERSIDAD CATOLICA DE CORDOBA	9,1	5,5	1,8	25,5	1,8	10,9	5,5	12,7	3,6	3,6	1,8	10,9	7,3	0,0
TECNOLÓGICO NACIONAL	11,1	5,6	5,6	8,3	2,8	13,9	13,9	11,1	2,8	13,9	2,8	5,6	0,0	2,8
NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	19,2	3,9	1,9	7,7	3,9	11,5	3,9	17,3	5,8	5,8	3,9	9,6	3,9	1,9
L'ECOLE UNIVERSITAIRE D'INGENEURS DE LILLE	5,7	0,0	0,0	14,7	0,0	14,1	25,7	13,3	0,0	0,0	8,3	7,4	10,7	0,0
PROMEDIO INTERNACIONAL POR MATERIAS	13,5	4,6	2,8	6,1	2,8	13,2	11,1	13,1	4,6	5,9	5,4	9,4	6,4	0,9

## ANEXO D

## DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR ÁREAS DE LAS UNIVERSIDADES DEL AMBITO INTERNACIONAL, EL CONSEJO TÉCNICO Y LA UN DE MEDELLÍN. Distribución temática.

	MATEMÁTICAS	FÍSICA	QUÍMICA	HUMANIDADES	MECÁNICA Y DISEÑO	TERMOFLUIDOS	MATERIALES	PROCESOS DE MANUFACTURA	ECONÓMICO ADMINISTRATIVA	INTERDISCIPLINARIA
MICHIGAN	16,4	3,2	4,1	4,1	36,1	13,7	3,2	2,7	9,1	7,3
PURDUE	7,1	2,8	4,7	3,8	35,5	15,6	4,7	0,0	0,0	25,6
SAO PAULO	14,8	5,9	2,8	3,6	26,6	9,0	6,6	4,7	2,9	23,3
PONTIFICIA UNIVERSIDAD DE CHILE	14,8	8,1	2,3	0,0	36,5	5,2	3,4	0,0	17,4	12,2
CALIFORNIA	18,5	3,9	4,9	2,9	37,1	7,8	5,4	2,0	0,0	17,6
UNIVERSITY OF WESTERN	11,9	10,5	0,0	0,0	29,7	15,1	9,0	8,5	4,9	10,5
QUEEN'S UNIVERSITY	18,6	7,0	2,5	0,8	26,9	11,6	5,3	4,5	6,8	16,1
UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA	14,3	1,8	7,6	0,0	34,1	18,8	6,7	4,5	5,8	6,3
AUBURN	20,6	8,2	4,7	5,9	33,5	14,1	1,8	0,0	1,2	10,0
CADIZ	12,8	1,4	1,4	0,0	45,5	12,3	3,8	7,1	6,3	9,5
SAN SEBASTIAN	8,6	5,0	4,0	0,0	34,2	15,6	6,3	7,3	2,7	16,3
PAÍS VASCO	11,5	5,2	1,4	1,3	30,6	15,1	4,9	4,9	7,0	18,2
CARLOS III DE MADRID	11,3	2,0	3,2	0,0	39,1	9,7	3,2	5,6	8,5	17,3
UNIVERSIDAD NACIONAL MEDELLÍN	9,9	4,9	2,7	19,2	12,4	9,6	9,3	17,0	4,1	10,7
CONSEJO TECNICO	14,3	7,7	6,4	4,1	19,4	8,4	7,1	9,7	8,9	14,0

## ANEXO E

### DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR SUBTEMAS EN EL ÁREA DE MATEMÁTICAS

	GEOMETRÍA	ALGEBRA	TRIGONOMETRÍA	GEOMETRÍA ANALÍTICA	ALGEBRA LINEAL	CALCULO DIFERENCIAL	CALCULO INTEGRAL	ECUACIONES DIFERENCIALES	ESTADÍSTICA Y PROBABILIDAD
MICHIGAN	0	0	0	0	3	4	5	1	3
PURDUE	0	0	0	0	1	1	2	3	0
SAO PAULO	0	0	0	0	5	3	3	0	3
PONTIFICIA UNIVERSIDAD DE CHILE	0	1	0	1	5	2	2	1	3
CALIFORNIA	0	0	0	2	2	2	5	3	3
UNIVERSITY OF WESTERN	0	0	0	0	2	4	4	0	2
QUEEN'S UNIVERSITY	0	0	0	0	5	5	4	1	3
UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA	0	1	0	0	3	2	5	1	3
AUBURN	1	0	0	1	6	5	6	2	0
CADIZ	1	0	0	0	3	2	2	2	2
SAN SEBASTIAN	0	0	0	0	2	1	2	1	2
PAÍS VASCO	0	0	0	0	1	3	3	2	1
CARLOS III DE MADRID	0	1	0	0	2	2	2	0	3
PROM INTERNACIONAL	0,2	0,3	0,1	0,2	3,2	2,8	3,5	1,5	2,2

### DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR SUBTEMAS EN EL ÁREA DE FÍSICA

	FÍSICA MECÁNICA	FÍSICA TÉRMICA	FÍSICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA	FÍSICA MODERNA
MICHIGAN	0,0	0,0	3,2	0,0
PURDUE	0,0	0,0	2,4	0,5
SAO PAULO	2,2	0,9	0,0	2,8
PONTIFICIA UNIVERSIDAD DE CHILE	3,4	1,0	2,9	0,8
CALIFORNIA	0,5	1,0	2,0	0,5
UNIVERSITY OF WESTERN	2,2	1,7	3,6	2,9
QUEEN'S UNIVERSITY	2,5	0,0	4,5	0,0
UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA	0,4	0,4	0,4	0,4
AUBURN	5,3	0,6	1,8	0,6
CADIZ	0,0	0,0	1,4	0,0
SAN SEBASTIAN	2,7	0,0	2,3	0,0
PAÍS VASCO	2,3	0,2	0,7	2,0
CARLOS III DE MADRID	0,0	0,4	1,2	0,4
PROMEDIO INTERNACIONAL	1,7	0,5	2,0	0,8

## DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR SUBTEMAS EN EL ÁREA DE QUÍMICA

	CONCEPTOS FUNDAMENTALES	PROPIEDADES Y ESTADOS DE LA MATERIA	SOLUCIONES	ESTEQUIOMETRÍA, CINÉTICA Y EQUILIBRIO QUÍMICO	QUÍMICA ORGÁNICA, COMBUSTIÓN Y QUÍMICA NUCLEAR
MICHIGAN	0,9	0,5	0,5	2,3	0,0
PURDUE	2,4	1,4	0,0	0,9	0,0
SAO PAULO	0,5	0,0	0,0	1,4	0,9
PONTIFICIA UNIVERSIDAD DE CHILE	0,8	0,8	0,0	0,8	0,0
CALIFORNIA	1,5	0,5	0,0	2,9	0,0
UNIVERSITY OF WESTERN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
QUEEN'S UNIVERSITY	0,3	0,0	0,8	1,5	0,0
UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA	2,2	0,9	0,4	3,6	0,4
AUBURN	2,9	0,6	0,0	0,6	0,6
CADIZ	0,5	0,0	0,3	0,5	0,0
SAN SEBASTIAN	2,3	0,7	0,3	0,3	0,3
PAÍS VASCO	0,2	0,0	0,0	0,4	0,9
CARLOS III DE MADRID	0,4	1,2	0,0	1,2	0,4
PROMEDIO INTERNACIONAL	1,1	0,5	0,2	1,3	0,3

## DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR SUBTEMAS EN EL ÁREA DE HUMANIDADES

	COMUNICACIÓN	CULTURA GENERAL	IDIOMAS	CÍVICA Y DEMOCRACIA	INVESTIGACIÓN
MICHIGAN	2,3	0,0	1,8	0,0	0,0
PURDUE	0,9	0,0	2,8	0,0	0,0
SAO PAULO	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0
PONTIFICIA UNIVERSIDAD DE CHILE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CALIFORNIA	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0
UNIVERSITY OF WESTERN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
QUEEN'S UNIVERSITY	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AUBURN	1,2	0,0	4,7	0,0	0,0
CADIZ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SAN SEBASTIAN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PAÍS VASCO	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0
CARLOS III DE MADRID	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PROMEDIO INTERNACIONAL	0,6	0,0	0,8	0,3	0,0

## DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR SUBTEMAS EN EL ÁREA DE MECÁNICA Y DISEÑO

	EXPRESIÓN GRÁFICA	ESTÁTICA Y DINÁMICA	MECÁNICA DE MATERIALES	MECANISMOS	DISEÑO DE MAQUINAS	VIBRACIONES
MICHIGAN	7,8	6,4	5,5	2,3	10,0	4,1
PURDUE	0,0	19,4	5,2	0,0	10,0	0,9
SAO PAULO	6,2	1,0	9,3	2,6	6,4	1,0
PONTIFICIA UNIVERSIDAD DE CHILE	9,9	14,6	7,8	0,0	4,2	0,0
CALIFORNIA	2,4	2,4	4,4	3,4	20,0	4,4
UNIVERSITY OF WESTERN	0,0	1,7	5,1	4,1	10,7	8,0
QUEEN'S UNIVERSITY	0,8	11,1	4,5	0,8	8,0	1,8
UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA	3,6	5,4	6,7	9,0	9,0	0,4
AUBURN	1,8	7,1	10,6	0,0	14,1	0,0
CADIZ	13,1	12,0	5,7	2,2	12,5	0,0
SAN SEBASTIAN	6,6	4,7	7,0	3,7	10,3	2,0
PAÍS VASCO	4,9	5,6	5,4	2,9	10,4	1,4
CARLOS III DE MADRID	6,5	8,5	10,5	4,0	8,9	0,8
<b>PROMEDIO INTERNACIONAL</b>	<b>4,9</b>	<b>7,7</b>	<b>6,7</b>	<b>2,7</b>	<b>10,3</b>	<b>1,9</b>

## DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR SUBTEMAS EN EL ÁREA DE TERMOFLUIDOS

	MECÁNICA DE FLUIDOS	TERMODINÁMICA	TRANSMISIÓN DE CALOR	CONVERSIÓN DE ENERGÍA EN SISTEMAS TERMODINÁMICOS
MICHIGAN	3,2	4,6	5,9	0,0
PURDUE	5,7	5,7	2,4	1,9
SAO PAULO	1,4	1,4	2,2	4,0
PONTIFICIA UNIVERSIDAD DE CHILE	1,6	2,1	1,0	0,5
CALIFORNIA	1,0	4,4	2,4	0,0
UNIVERSITY OF WESTERN	7,3	2,4	1,7	3,6
QUEEN'S UNIVERSITY	5,3	4,3	1,8	0,3
UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA	6,3	2,2	0,4	9,9
AUBURN	6,5	2,9	1,8	2,9
CADIZ	3,3	2,5	1,4	5,2
SAN SEBASTIAN	7,0	3,3	1,7	3,7
PAÍS VASCO	1,3	1,6	4,1	8,1
CARLOS III DE MADRID	3,6	2,0	1,6	2,4
<b>PROMEDIO INTERNACIONAL</b>	<b>4,1</b>	<b>3,0</b>	<b>2,2</b>	<b>3,3</b>

## DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR SUBTEMAS EN EL ÁREA DE MATERIALES

	ESTRUCTURA DE LOS MATERIALES	COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES	MATERIALES NO METÁLICOS	MATERIALES METÁLICOS
MICHIGAN	0,5	1,4	1,4	0,0
PURDUE	4,3	0,5	0,0	0,0
SAO PAULO	0,5	4,7	0,7	0,7
PONTIFICIA UNIVERSIDAD DE CHILE	0,8	1,6	1,0	0,0
CALIFORNIA	0,5	4,9	0,0	0,0
UNIVERSITY OF WESTERN	1,5	3,2	1,5	2,9
QUEEN'S UNIVERSITY	1,0	2,3	1,8	0,3
UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA	1,3	0,4	0,9	4,0
AUBURN	0,0	1,8	0,0	0,0
CADIZ	1,4	0,3	0,8	1,4
SAN SEBASTIAN	0,7	0,7	3,3	1,7
PAÍS VASCO	0,4	0,5	2,3	1,6
CARLOS III DE MADRID	0,4	0,8	1,2	0,8
PROMEDIO INTERNACIONAL	1,0	1,8	1,1	1,0

## DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR SUBTEMAS EN EL ÁREA DE PROCESOS DE MANUFACTURA

	METROLOGÍA BÁSICA	CONFORMACIÓN PLÁSTICA	PROCESOS DE FUNDICIÓN	PROCESOS DE UNIÓN	PROCESOS DE MECANIZADO	PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS	OTROS PROCESOS	CAD CAM	PRODUCCIÓN
MICHIGAN	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,9	0,0	0,0	0,0
PURDUE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SAO PAULO	1,0	0,2	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	1,4	0,0
PONTIFICIA UNIVERSIDAD DE CHILE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CALIFORNIA	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
UNIVERSITY OF WESTERN	1,7	3,6	0,2	0,7	0,5	0,5	1,0	0,2	0,0
QUEEN'S UNIVERSITY	0,0	0,5	0,5	2,0	0,3	0,3	0,3	0,0	0,8
UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA	0,9	0,4	0,4	0,9	0,9	0,0	0,4	0,0	0,4
AUBURN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CADIZ	0,8	0,3	0,3	0,0	3,3	0,0	0,3	0,8	1,4
SAN SEBASTIAN	0,3	2,7	0,7	0,3	1,7	0,0	0,7	0,3	0,7
PAÍS VASCO	0,0	0,2	0,4	1,1	1,4	0,2	1,3	0,2	0,2
CARLOS III DE MADRID	0,0	0,8	0,8	0,4	1,6	0,0	0,4	1,2	0,4
PROMEDIO INTERNACIONAL	0,4	0,7	0,4	0,5	0,9	0,2	0,4	0,3	0,3

## DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR SUBTEMAS EN EL ÁREA ECONÓMICO – ADMINISTRATIVA

	INGENIERÍA ECONÓMICA	FUNDAMENTOS DE ECONOMÍA	FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACIÓN	LEGISLACIÓN
MICHIGAN	0,0	9,1	0,0	0,0
PURDUE	0,0	0,0	0,0	0,0
SAO PAULO	0,3	2,1	0,5	0,0
PONTIFICIA UNIVERSIDAD DE CHILE	4,4	9,1	3,6	0,3
CALIFORNIA	0,0	0,0	0,0	0,0
UNIVERSITY OF WESTERN	2,2	0,0	2,4	0,2
QUEEN'S UNIVERSITY	5,5	0,0	1,3	0,0
UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA	1,3	0,9	2,7	0,9
AUBURN	1,2	0,0	0,0	0,0
CADIZ	0,0	0,8	3,0	2,5
SAN SEBASTIAN	0,0	1,0	1,3	0,3
PAÍS VASCO	0,0	5,9	1,1	0,0
CARLOS III DE MADRID	0,4	2,4	5,6	0,0
PROMEDIO INTERNACIONAL	1,2	2,4	1,7	0,3

## DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR SUBTEMAS EN EL ÁREA INTERDISCIPLINARIA

	COMPUTACIÓN	ANÁLISIS NUMÉRICO, SIMULACIÓN Y MODELAMIENTO	ELECTRICIDAD BÁSICA	ELECTRÓNICA BÁSICA	INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	INGENIERÍA AMBIENTAL	SEGURIDAD INDUSTRIAL
MICHIGAN	0,0	1,8	1,4	0,0	4,1	0,0	0,0
PURDUE	0,9	12,8	5,7	0,0	5,7	0,5	0,0
SAO PAULO	2,1	8,3	2,2	1,6	7,1	2,1	0,0
PONTIFICIA UNIVERSIDAD DE CHILE	1,8	9,1	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0
CALIFORNIA	1,5	6,8	3,4	0,0	5,9	0,0	0,0
UNIVERSITY OF WESTERN	0,0	2,4	0,0	1,2	4,9	0,2	1,7
QUEEN'S UNIVERSITY	0,3	3,3	0,0	2,0	4,5	2,0	4,0
UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA	4,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0
AUBURN	0,6	0,6	3,5	0,0	5,3	0,0	0,0
CADIZ	1,6	3,0	1,6	0,0	3,3	0,0	0,0
SAN SEBASTIAN	3,0	1,7	1,0	0,0	10,6	0,0	0,0
PAÍS VASCO	1,6	2,9	4,5	2,9	5,4	0,9	0,0
CARLOS III DE MADRID	2,4	3,2	4,4	5,2	2,0	0,0	0,0
PROMEDIO INTERNACIONAL	1,5	4,3	2,4	1,0	4,5	0,4	0,4

## ANEXO F

### SUBTEMAS PRIORITARIOS PARA INVESTIGACION EN ANTIOQUIA

*Análisis de Puntaje:* se refiere al porcentaje de respuestas positivas alcanzadas por cada subtema con respecto al total de participantes en cada ronda (3 rondas en total).

*Análisis del Consenso:* Porcentaje de consenso para cada subtema definido como prioritario, para el que solo se tomaron los puntajes de los expertos que participaron en las 3 rondas del estudio.

**TABLA 1. Distribución de los subtemas por áreas de investigación**

SUBTEMA	% PUNTOS	% CONSENSO	% PROMEDIO Puntos -Consenso	ÁREAS Y % DE PRIORIZACIÓN
Aceros	87	58	72	<b>AREA DE MATERIALES 17 %</b>
Fundiciones	77	58	67	
Termoestables	100	97	98	
Termoplásticos	100	94	97	
Producción Limpia	100	61	80	
Procesos de Endurecimiento	77	55	66	<b>AREA DE PROCESOS DE MANUFACTURA 28 %</b>
Tratamientos Superficiales Selectivos del Acero	64	48	56	
Procesos de Maquinado	69	48	59	
Procesos de Ensamble	62	58	60	
Soldadura y Corte	72	48	60	
Metrología	77	55	66	
Ensayos y Pruebas	62	52	57	
Capacidad de procesos y control de calidad	64	67	65	
CAD,CAM,CAPP,CAE,CIM,FMS,Rapid prototyping	100	70	85	
Mantenimiento	67	58	62	
Manejo de Materiales	59	52	55	
Modelaje y Simulación	56	61	59	<b>AREA DE ENERGÍA 20 %</b>
Tecnología de Combustores	64	52	58	
Emisiones de Contaminantes	87	73	80	
Optimización de Planta	67	48	58	
Sistemas Energéticos	54	33	44	
Plancamiento	59	36	48	
Nuevas Tecnologías	79	55	67	
Energías Alternativas	82	82	82	
Metodología del Diseño	87	70	78	<b>AREA DE DISEÑO DE SISTEMAS TÉCNICOS 36 %</b>
Modelaje, Simulación y Herramientas de Diseño	79	52	66	
Aplicaciones de Ciencias Básicas al Diseño	74	52	63	
Maquinaria y Equipos de Transporte	100	88	94	
Maquinaria y Equipos Agroindustriales	100	73	86	
Equipos Térmicos (Intercambiadores, Calderas, etc)	100	85	92	
Maquinaria y Mecanismos Hidráulicos y Neumáticos	100	91	95	
Recipientes a Presión, Turbomáquinas	54	52	53	
Mecanismos, Robots, Manipuladores, Teleoperadores	69	33	51	
Instrumentos de Medición y Control	100	70	85	
Bioingeniería	87	61	74	
Diseños para el Ambiente.	67	45	56	



# **FORTALECIMIENTO DEL CURRÍCULO EN INGENIERIA PARA AFRONTAR LOS RETOS PRESENTES Y FUTUROS DE NUESTRA SOCIEDAD**

**Capitán de Navío ALFREDO ORTIZ CARRILLO**  
**Capitán de Fragata LUIS ALBERTO ORDOÑEZ RUBIO**  
**Capitán de Fragata EDUARDO VASQUEZ VILLEGAS**  
**Escuela Naval “Almirante Padilla”**

## **RESUMEN**

Los acelerados cambios tecnológicos a nivel mundial, requieren que la formación y capacitación impartida en los programas de ingeniería sea lo suficientemente competente para que el egresado afronte los retos presentes y visiones el desarrollo tecnológico del futuro. El trabajo desarrollado se fundamenta en las experiencias que se obtuvieron al realizar espacios académicos conformados por directivos, profesores y empleadores en donde se abordan temas relacionados con la aplicación de los modelos pedagógicos para la enseñanza de la ingeniería en las diferentes áreas del conocimiento y la retroalimentación al currículo por medio de información suministrada por los empleadores del personal de egresados de las carreras de Ingeniería en la Escuela Naval “Almirante Padilla”.

En el marco de los modelos pedagógicos se tratan temas relacionados con la enseñanza y conceptos recientes en psicología del aprendizaje, se analiza el pensum académico de los programas de ingeniería y de las áreas del conocimiento de cada programa, llegándose a la conclusión de que el modelo pedagógico establecido es conductista, viéndose la necesidad de darle un énfasis en el constructivismo por el desempeño propio de ingenio que el futuro profesional debe desarrollar durante su carrera.

En consideración a que el profesional formado se desenvuelve en una sociedad altamente cambiante influenciada por la moda, en donde la tecnología de punta exige día a día mayores conocimientos tecnológicos, es oportuna la participación de los empleadores en la reestructuración y actualización de los currículos, los cuales aportan conceptos sobre el desempeño y la formación del profesional en ingeniería que se requiere.

Se concluye que para realizar la actualización de los programas en las carreras de ingeniería, con el fin de que el profesional afronte los retos futuros, se hace necesario conformar grupos interdisciplinarios para articular los conceptos básicos con aplicaciones concretas del entorno en el que se desenvuelve el egresado, dándole de esta forma la capacidad de aprender, transferir y

aplicar los conocimientos, basado en el desarrollo de habilidades, posibilitando la aplicación o transferencia para cualquier situación.

## **DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA**

Para Escuela Naval "Almirante Padilla" como centro de formación y capacitación de los oficiales de la marina de guerra y los oficiales mercantes del país es de suma importancia que los egresados de los programas académicos en ingeniería sean hombres que lideren y ejerzan la profesión afrontando con gran capacidad los acelerados y continuos cambios que se presentan en el entorno, en especial en el milenio que está iniciándose. Por lo anterior se hizo necesario convocar a los Comandantes de las unidades en donde se encuentran trabajando los egresados con el fin de escuchar sus opiniones acerca de la capacidad y rendimiento de este personal.

La problemática fue analizada mediante la realización de un foro o taller conformándose seis grupos de trabajo en los que se analizaron aspectos relacionados con la formación y el currículo. En el primer grupo se analizó la formación y educación naval militar, la carrera del oficial naval en la especialidad de ingeniería y del oficial de infantería de marina en la especialidad de construcciones, así mismo el desempeño de los oficiales que recibieron una capacitación integral sin tener propiamente dicha una especialidad definida, los cuales se denominan como oficiales del "Cuerpo Unico". En el segundo grupo se estudiaron aspectos de la formación ética y moral; en el tercero, la formación profesional en las áreas de ingeniería; en el cuarto formación profesional en el área de administración y la logística; en el quinto, la formación profesional en el área de oceanografía y en el sexto, aspectos relacionados con la formación humanística.

Los grupos fueron conformados por directivos, profesores, Comandantes de las unidades de la Armada Nacional, egresados recién salidos y egresados con cierto tiempo de antigüedad en la institución.

## **RESULTADOS OBTENIDOS**

En formación Naval Militar, la gran mayoría los Comandantes manifestaron los vacíos que presenta el egresado en aspectos relacionados con el liderazgo para impulsar y generar en grupos de una mejor forma las tareas que son emprendidas en el trabajo, el correcto desempeño o rendimiento en la navegación, los vacíos que se presentan en los conocimientos y aplicación de la táctica aplicada a situaciones reales; además consideraron necesario incrementar en la etapa de formación los periodos de prácticas a bordo de las unidades en donde trabajará en un futuro el profesional en ingeniería. Se sugiere dar un complemento a los currículos en las áreas anteriormente tratadas con el fin de que el egresado cuente con una herramienta adicional para afrontar de una mejor forma el entorno en que se desenvuelve.

En los aspectos relacionados con la formación ética y moral se polemizó en la metodología utilizada para su enseñanza dentro del programa de ingeniería, la metodología tradicionalmente utilizada no se considera la más adecuada, haciéndose sugerencias para que la ética y la moral sean enseñadas por medio de la presentación de casos reales, en donde se le dé una amplia participación al alumno, para lo cual se sugiere diseñar estrategias necesarias de enseñanza.

Se resalta la formación profesional que se está brindando en las áreas de ingeniería notándose un alto rendimiento del egresado en temas relacionados con los conocimientos propios de la profesión. Como sugerencia se plantea que la institución incorpore programas a nivel especializaciones, con el fin de profundizar la capacitación del personal de egresados en áreas específicas. La tecnología de punta y los nuevos sistemas incorporados a las unidades de la Armada Nacional son recibidos con seriedad y profesionalismo por el egresado adecuándose rápidamente a los cambios, implementando planes de operación, mantenimiento y optimización temprana de los nuevos sistemas.

En la formación profesional en el área de administración logística se sugiere que la institución brinde la oportunidad de desarrollar especializaciones e incorpore en los programas de ingeniería más aspectos de administración, logística y se desarrollen prácticas relacionadas con el entorno en la etapa de formación.

Los empleadores reconocen la necesidad de incorporar al currículo asignaturas relacionadas con la protección del medio ambiente, así mismo realizar programas dentro de la institución orientados a la preservación de nuestro medio lo que se considera como un noble propósito que repercute en la empresa y sociedad en general.

En cuanto a la formación del oficial del "Cuerpo Unico" se tienen diferentes puntos de vista sobre la conveniencia para la institución o Armada Nacional de contar con oficiales que fueron formados para desempeñarse a bordo de las unidades dentro de las diferentes disciplinas del conocimiento y después de un periodo de tiempo escoger la especialidad o carrera profesional. Se hace necesario esperar que transcurra un periodo de tiempo mucho más prolongado con el fin de poder evaluar el rendimiento y desempeño como profesionales en ingeniería, bajo este esquema de formación.

## **BENEFICIOS INSTITUCIONALES**

Al haber analizado los diferentes puntos de vista que plantean los Comandantes sobre la calidad y el desempeño de los egresados en las carreras de ingeniería, los programas cuentan con una herramienta muy valiosa para la actualización de sus currículos introduciéndose mejoras con lo que se espera que el egresado afronte y visione de una mejor forma la problemática actual y futura del entorno y del país en general.

Como experiencia se recomienda tener una base de datos lo suficientemente actualizada de los puestos en que se encuentran trabajando los egresados para que por intermedio de estos la institución pueda comunicarse con los Comandantes para invitarlos a contribuir con la actualización del currículo y al mismo tiempo sean estos los que evalúen de una mejor forma al profesional que la institución entrega a nuestra sociedad.

Iniciado el desarrollo de las actividades tendientes al fortalecimiento del currículo se notó resistencia por parte de los directores y profesores de los programas de ingeniería en el sentido de plantear posiciones defensivas frente a los métodos y contenidos de los programas que se encontraban establecidos, cediendo posteriormente a escuchar y recibir de la mejor forma la problemática planteada por los Comandantes.

Finalizado el foro, en el consejo de Facultad se analizaron las conclusiones dándose los cambios propuestos los cuales serán evaluados en un futuro mediante el desarrollo de otra actividad similar a la realizada.

## **SELECCION DEL MODELO PEDAGOGICO**

Teniendo como punto de referencia la filosofía institucional plasmada en el Proyecto Educativo Institucional “PEI”, el estudio para la selección del modelo pedagógico se fundamenta en la conceptualización de los modelos existentes, sus componentes y la caracterización de los diferentes enfoques.

Los resultados obtenidos fueron presentados por profesores representantes de cada una de las áreas en ciencias básicas, ciencias sociales, ciencias navales y náuticas, administración, oceanografía e ingeniería enmarcado dentro de las asignaturas de los programas de ingeniería.

Las ciencias aplicadas continúan con la rigurosidad que estas demandan, siguiendo un modelo tradicionalista; se presenta un aporte por parte de los docentes del área para desarrollar las asignaturas de matemáticas por medio de aplicaciones que representen situaciones reales del entorno. En el área de las asignaturas de ingeniería se facilita el modelo para desarrollarlo basado en el constructivismo fundamentado con una metodología de la enseñanza dentro del aprendizaje autónomo, en donde se le brinde al estudiante una amplia participación y se le exija la apropiación del conocimiento para su posterior aplicación. Las asignaturas de administración se enmarcan dentro de un modelo social cognitivo o constructivista dependiendo la naturaleza de los temas que se plantean en el desarrollo de cada asignatura. Las ciencias sociales siguen un modelo social cognitivo, el estudio del idioma inglés debe darse por logros de objetivos dependiendo del nivel en donde se encuentre cada estudiante.

Uno de los aspectos que reviste vital importancia es la motivación que se le brinde tanto al estudiante como al docente ya que se considera como el motor que posibilitará la apropiación de conceptos teóricos como su posterior aplicación a una situación real.

Como resultado de la experiencia se concluye que no es posible adoptar un solo modelo para la enseñanza de todas las áreas del conocimiento en ingeniería, pero sí acogerse a una pedagogía basada en el desarrollo de competencias. De lo anterior se deduce que dependiendo del tipo de asignatura se adoptara el modelo que mejor corresponda.

La información suministrada por los Comandantes en cuanto al desempeño profesional del egresado en los programas de ingeniería ha sido sumamente valiosa para la institución y los programas en particular ya que es una herramienta que se debe considerar en la revisión y actualización de los programas y el currículo en general.

Los resultados que se esperaban obtener al finalizar la jornada de trabajo se encontraban relacionados con los cambios que se deberían hacer a los contenidos de las asignaturas muy específicas en el área de ingeniería, no siendo así ya que revisado y estudiado el material de trabajo el concepto fue muy favorable sin haberse presentado sugerencias significativas.

Se hacen sugerencias en cuanto a mejorar aspectos relacionados con la formación humanística y especial el énfasis que se debe hacer al estudiante en liderazgo, los principios, valores y en particular la ética en el ejercicio de la profesión.

## **CONCLUSIONES**

Para la actualización y reestructuración del currículo en ingeniería se hace necesario evaluar el desempeño del profesional egresado en cada institución con el fin de poder medir el impacto que este genera en nuestra sociedad por lo menos cada dos años; para dicha evaluación se debe contar con una base de datos lo suficientemente actualizada con el fin de poder involucrar como parte del proceso al empleador.

No se considera apropiado modificar los programas teniendo solo como referencia la bibliografía y últimos cambios producidos en la tecnología en el ámbito mundial sin haber evaluado previamente el contexto de nuestro propio entorno ya que es allí en donde trabajará nuestro egresado.

La tendencia del modelo pedagógico en las asignaturas propias del área de ingeniería es el tradicionalista con énfasis en la búsqueda del constructivismo no habiendo un modelo pedagógico que se ajuste exclusivamente a la totalidad de las áreas del conocimiento en ingeniería.

## **BIBLIOGRAFIA**

ICFES. Marco de Acción Prioritaria para el Cambio y el Desarrollo de la Educación Superior. 1.988

López Jiménez Nelson. La reestructuración Curricular de la Educación Superior. Hacia la Integración del Saber. ICFES – Universidad Surcolombiana. 1995.

Díaz Barriga. Frida Arce; HERNANDEZ Rojas Gerardo. Estrategias Docentes para un Aprendizaje Significativo. 1988.

# Tecnologías de la Información y Educación

## Caso de análisis:

### Asistentes de clase para las asignaturas de Circuitos Lógicos y de Instrumentos

Gloria Patricia Marciales Vivas, Mauricio Martínez Melo, María del Mar Ruiz Gil, Andrés Ernesto Salguero Beltrán, Jorge Luis Sánchez Téllez, J. Fernando Vega Riveros y Francisco Viveros Moreno

#### 1. Introducción

En este artículo se presentan los resultados del proceso de implementación y evaluación de un modelo de enseñanza-aprendizaje apoyado en nuevas tecnologías, aplicado a dos asignaturas de la Carrera de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana. La investigación fue realizada por el grupo interdisciplinario Mimesis, conformado por profesores del Departamento de Electrónica en la Facultad de Ingeniería, el Sector de Asesoría Psicológica y el Departamento de Psicología en la Facultad de Psicología y estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electrónica.

#### 2. El Modelo de Aprendizaje y el Papel de la Tecnología

El modelo de aprendizaje planteado surge de las experiencias de profesores y estudiantes de Ingeniería Electrónica, con base en el estudio de teorías del aprendizaje, teniendo en cuenta la utilización de herramientas tecnológicas. Es flexible y dinámico ya que contempla la conexión entre sus diferentes elementos y la retroalimentación sobre sí mismo.

Desde el modelo propuesto, el alumno se ve inmerso en el ambiente sociocultural en el cual interactúa. Aspectos afectivos, cognitivos y sociales del aprendizaje son abordados en relación con la construcción de conocimiento teniendo en cuenta su momento de desarrollo.

Además, dicho modelo considera las condiciones y características relacionadas con aspectos de motivación, aprendizajes previos, niveles de

atención, estrategias y estilos de aprendizaje. En lo relacionado con la motivación, es importante aclarar que aquella que se busca incentivar principalmente es la de tipo intrínseco, derivada del interés de la persona por aprender. Desde la perspectiva constructivista que orienta el modelo, la persona es agente activo de su aprendizaje, y lleva a cabo un proceso iterativo e interactivo. Es iterativo en la medida en que construye, modifica, integra y crea sobre la base de conocimientos previos. Es interactivo debido a que se construye el conocimiento en relación con otros y mediante la utilización de herramientas.

El modelo planteado consta de cuatro procesos principales a saber:

- Proceso de percepción;
- Proceso de construcción interna;
- Proceso de aplicación y comunicación;
- Proceso creativo.

##### 2.1. *Proceso de Percepción*

Se inicia con las sensaciones producidas por los estímulos provenientes de la interacción con el medio. No sólo contempla la transducción de las sensaciones en señales del sistema nervioso, sino que implica un nivel de reconocimiento. Desde este proceso se empieza a ver la participación activa del sujeto, en el cual el filtrado, la codificación y el reconocimiento de la información percibida dependen de las características del individuo, sus experiencias y conocimientos, la motivación y el contexto.

El filtrado de la información es un proceso variable en el tiempo, orientado a la extracción de

características e información relevante dentro de un contexto, guiado por el interés del individuo y que tiene como resultado el reconocimiento de la información recibida. A partir de este reconocimiento se inician los procesos de pensamiento. Por ejemplo, se espera que un estudiante de Ingeniería Electrónica en semestres avanzados reconozca diferentes tipos de dispositivos eléctricos y electrónicos y los códigos utilizados para su especificación, aún dentro de un entorno que puede ser complejo. En este ejemplo puede verse que la percepción del estudiante frente a un circuito electrónico está influenciada por sus conocimientos previos, motivación e intereses, en contraste con una persona cuyas experiencias no necesariamente le permiten extraer la misma cantidad de información.

## **2.2. *Proceso de Construcción Interna***

Con base en los conocimientos y la información proveniente de la percepción, el individuo realiza una serie de procesos cognoscitivos tales como análisis, síntesis, reflexión, construcción, modificación e integración de conceptos. Como resultado del análisis y la reflexión asociado, el individuo selecciona la información que considera significativa y pertinente en ese momento, con base en lo cual busca relacionar esta nueva información con los conocimientos adquiridos previamente. De esta manera, la información nueva se interioriza como nuevos conocimientos. La interiorización involucra procesos como relación con esquemas anteriores, modificación de estos o construcción de nuevos. Estos se realizan dentro de lo que algunos autores denominan memoria activa u operativa.

La información que se selecciona es la base para construir modelos explicativos o comprensivos, lo cual implica un proceso de abstracción a través del cual se extraen sólo los conceptos claves o generales. El individuo intenta integrar los conocimientos nuevos a los esquemas anteriormente construidos y establecer relaciones entre ellos, pero a veces los conocimientos nuevos entran en conflicto con los esquemas anteriores, implicando un proceso de reestructuración o construcción de otros nuevos.

El conocimiento previo ya integrado es potencialmente significativo, para arraigarse. Más

que la mera generación de esquemas y estructuras cognitivas, este proceso es altamente interactivo y concurrente con el de aplicación y comunicación para lograr una adecuada apropiación del conocimiento nuevo. El proceso de aplicación y comunicación se explicará posteriormente. Además, es importante anotar que durante la construcción interna, el individuo constantemente realiza una evaluación que le permite validar las construcciones realizadas. Estas últimas se convierten en el material de prueba para la aplicación y comunicación. También, en este proceso de construcción, se pueden encontrar vacíos que llevan a refinar la percepción en busca de "claves" que los llenen o los compensen.

## **2.3. *Proceso de Aplicación y Comunicación***

Mientras los anteriores son primordialmente basados en las construcciones cognitivas individuales, el proceso de aplicación y comunicación implica la interacción del sujeto con su medio, donde pone en práctica y somete a prueba las elaboraciones que tiene hasta el momento. Esta interacción puede ser de dos tipos: con objetos y con otros individuos a nivel discursivo, donde es manifiesta la construcción social del conocimiento.

Es en este punto donde ocurre lo que muchos autores han llamado el proceso de transferencia del aprendizaje, que es la posibilidad de aplicarlo a, y probarlo con, nuevas situaciones y ver si el modelo planteado sigue siendo vigente, o si no, realizar las modificaciones necesarias iniciando de nuevo el proceso. Es en la aplicación y en la comunicación de los conocimientos adquiridos y las reconstrucciones que implican, donde se observa la flexibilidad de los esquemas construidos y cómo el proceso de aprendizaje se encuentra en constante movimiento.

Los tres procesos anteriormente descritos pueden darse en forma simultánea y a diferentes niveles. El lograr comunicar y aplicar el conocimiento adquirido en el interactuar discursivo con otros, permite una retroalimentación del proceso que puede tener dos formas: un proceso explícito de evaluación, como suele darse en el ámbito educativo; o un proceso autoevaluativo con base

en la contrastación social. Estos procesos tienen un efecto sobre la motivación del individuo, sea ésta extrínseca, en cuanto se relaciona con los aspectos sociales del aprendizaje, o intrínseca en la medida que tanto los procesos sociales e individuales inciden sobre el sentimiento de logro.

#### **2.4. *Proceso de creación***

Existe un proceso que no siempre ocurre, que depende de las capacidades individuales, del entorno y de la situación específica: es la producción creativa. Cuando los esquemas construidos se han consolidado después de ser aplicados y de ser comunicados, existe la posibilidad de que frente a una situación nueva, un reto o una pregunta, el individuo, a partir de la flexibilidad de sus esquemas, construya soluciones innovadoras. Este proceso depende a su vez de las posibilidades que brinde el entorno de aprendizaje y la motivación que exista para que la producción creativa se lleve a cabo; al respecto se podría decir que en este punto está ubicada una de las mayores fallas del sistema educativo en general, sobre todo en Colombia, donde no se estimula la creatividad y los procesos de aprendizaje se suspenden en la etapa anterior.

El proceso creativo trasciende la aplicación de los conocimientos en problemas puntuales y conduce al individuo a procesos inductivos que le permiten elaborar sus propias teorías, argumentarlas y sustentarlas a partir de la apropiación del conocimiento. Si bien, es posible que este aspecto pase desapercibido en esquemas educativos tradicionales, sería posible afirmar que éste es el clímax de un aprendizaje autónomo. Se podría plantear como una hipótesis para investigar posteriormente, que al propiciar la evocación de este proceso y socializar sus resultados habrá un efecto significativo, no sólo en la generación propia de conocimiento, sino en la motivación intrínseca de los individuos hacia el aprendizaje. A su vez, el aporte y el correspondiente reconocimiento dentro de su entorno social produce efectos directos en la motivación extrínseca del individuo, al igual que en la aplicación y la comunicación.

Por lo tanto, el resultado esperado de este modelo es un aprendizaje significativo, el cual corresponde a la vinculación substancial de las nuevas

construcciones con el bagaje cognitivo de cada individuo, en contraposición con el aprendizaje mecánico, repetitivo y memorístico.

#### **2.5. *El Papel de la Tecnología***

Para el grupo Mimesis, la tecnología es un componente del sistema en este modelo y se constituye en una herramienta de apoyo al aprendizaje y a su socialización. Este sistema está conformado adicionalmente por los profesores y aprendices, además de los recursos bibliográficos e infraestructura física y logística. Esta postura se ha venido desarrollando a través del trabajo realizado en los últimos años con la implementación de sistemas tutores y la aplicación actual de estos en un semestre académico. A partir de estas experiencias, el apoyo de la tecnología se da en los diferentes procesos como se presenta a continuación.

En el proceso de percepción, la multimedia juega un papel importante en la medida en que la calidad del material estimula los sentidos, puede proporcionar elementos lúdicos y, de esta forma, motiva la participación activa del individuo en su proceso de aprendizaje. La construcción interna es apoyada por las actividades que se proponen en el sistema, tales como las tareas, lecturas, vídeo y sonido, fuera de línea, que permiten a cada individuo conducir su aprendizaje a su propio ritmo, sometiendo sus avances a evaluación continua, tanto del profesor como de sus compañeros.

El proceso de aplicación y comunicación es apoyado a través de debates abiertos sincrónicos y asincrónicos, experimentación con simuladores, vídeo y audio - conferencias. Todas las actividades de interacción propuestas apoyan el proceso de evaluación externa e interna en la interacción entre el individuo y el sistema. Pero no son sólo las tecnologías de información y telecomunicaciones las que hacen parte del apoyo al proceso de aprendizaje. Se incluyen también los dispositivos e instrumentos de laboratorio, en este caso particular de electrónica, que le permiten al aprendiz poner a prueba sus conocimientos, contrastar los resultados teóricos y los prácticos, propiciando el trabajo en equipo, la contrastación crítica entre las diferentes soluciones y resultados de los diferentes equipos, la discusión técnica entre

todos los estudiantes de uno o varios grupos, incluso con estudiantes de semestres más avanzados y con el profesor, lo cual proporciona un ambiente enriquecido de comunicación.

Todo lo anterior se pone en práctica en los procesos de construcción y de creación que tienen los estudiantes en sus asignaturas de Diseño. Al consolidar los conceptos, aplicarlos en simuladores y en diversas situaciones, tienen la oportunidad de crear sus propios diseños y poner a prueba sus aprendizajes y su capacidad de innovación.

### 3. Diseño de la propuesta

La implementación y aplicación del modelo planteado se llevó a cabo en dos asignaturas del plan de estudios de la Carrera de Ingeniería Electrónica: Instrumentos y Circuitos Lógicos, de quinto y séptimo semestre respectivamente, los cuales fueron seleccionados por la naturaleza de los cursos, y su ubicación e importancia dentro del plan de estudios mencionado. Se realizaron dos propuestas metodológicas del mismo modelo teniendo en cuenta las características de los docentes, así como las diferencias de las asignaturas en cuanto a contenidos y metodologías. Se conformaron dos subgrupos de investigación independientes, uno para cada curso seleccionado. El diseño de la evaluación en ambas propuestas se llevó a cabo siguiendo los mismos criterios, con lo cual se logró contrastar los resultados y procesos de las dos propuestas metodológicas.

En primer lugar se presentará la metodología empleada en Instrumentos y luego en Circuitos Lógicos. Finalmente se describirán los tipos de evaluación:

#### 3.1. Propuesta metodológica aplicada al curso de Instrumentos

El desarrollo de cada tema, trabajado de acuerdo al modelo de aprendizaje, comprendió las siguientes etapas:

##### 3.1.1. Consulta previa al tema

Esta etapa es realizada por los estudiantes individualmente, apoyada por la herramienta desarrollada en Learning Space<sup>1</sup>, por una guía

bibliográfica y por una introducción al contenido para cada tema. De acuerdo con el modelo de aprendizaje propuesto, esta etapa corresponde al proceso de percepción y al inicio de la construcción interna, dándole al estudiante una ubicación previa en los contenidos.

##### 3.1.2. Presentación del tema

El profesor realiza una exposición del tema en una sesión presencial teórica, utilizando diferentes herramientas audiovisuales para complementar o aclarar los contenidos iniciales. Entre las herramientas utilizadas se encuentran:

- Presentaciones con Video beam;
- Proyecciones con transparencias en acetatos, diapositivas o vídeos; y
- Demostraciones prácticas con los instrumentos tratados;
- Ayudas convencionales (marcador, tablero).

Esta etapa aborda los procesos de percepción y de construcción interna.

##### 3.1.3. Profundización en conceptos

El estudiante retoma y profundiza los contenidos de la clase teórica, por medio de las siguientes herramientas:

- Páginas web que enfatizan los temas principales, con guías para que se consulten otras fuentes de información.
- Animaciones por medio de las cuales el estudiante visualiza el comportamiento interno de cada instrumento. Se utiliza principalmente en la explicación de diagramas en bloques.
- Vídeos, para lo cual se digitalizaron y editaron algunos existentes en el Departamento y se convirtieron en archivos de *Real Audio*, para facilitarlos a los estudiantes por medio de *Learning Space*.
- Archivos de audio por medio de los cuales se facilita la introducción de diferentes conceptos.
- Documentos, entre los que se incluyen hojas de especificaciones, artículos y demás archivos en formato pdf, los cuales permiten a los estudiantes profundizar y complementar los temas tratados.

En esta etapa se abordan los procesos de percepción y construcción interna.

<sup>1</sup> Learning Space: Herramienta de Lotus para facilitar el aprendizaje distribuido colaborativo.

### **3.1.4. Aplicación de los conceptos**

Se realiza principalmente en el laboratorio y por medio de simuladores por computador. En el contexto educacional, la simulación es una herramienta poderosa que permite aprender sobre algún aspecto del mundo, imitándolo o modelándolo. Las simulaciones le permiten al estudiante interactuar de manera muy similar a como lo harían en situaciones reales con los instrumentos de medición.

Sin embargo, en casi todas las situaciones, la simulación simplifica la realidad omitiendo o cambiando algunos detalles. En este mundo simplificado de la simulación, el estudiante resuelve problemas, aprende procedimientos, comprende las características del fenómeno y aprende cómo controlarlo o qué acciones debe llevar a cabo en diferentes situaciones. En cada uno de estos casos el propósito es ayudar al estudiante a construir un modelo mental sobre alguna parte del mundo y proveerle la oportunidad de probarlo en circunstancias seguras y eficientes. En este curso, los simuladores son utilizados antes de tener contacto con el instrumento real en el laboratorio, permitiendo la familiarización con sus controles, conectores y funcionamiento en general.

El trabajo hecho en el laboratorio guía al estudiante para que relacione los esquemas adquiridos durante el proceso que ha llevado hasta el momento, con el manejo directo del instrumento y las posibles aplicaciones que se puedan derivar de éste. Corresponde principalmente a los procesos de aplicación y comunicación.

### **3.1.5. Construcción y consolidación del concepto**

Se realiza por medio de ejercicios de análisis que los estudiantes desarrollan una vez se ha trabajado el concepto y recibe una retroalimentación por medio del grupo de instructores y del profesor.

En este paso se busca que el estudiante recorra nuevamente los procesos anteriormente mencionados, ya que es conveniente que realice una consulta de diferentes fuentes de información, analice, reflexione, sintetice, relacione y modifique sus esquemas y finalmente aplique, dando solución

a problemas prácticos. Se busca complementar y afianzar los conocimientos construidos, y que surjan y se solucionen las dudas que no se hayan presentado en las etapas anteriores.

En esta etapa se lleva a cabo una aproximación al proceso creativo que se consolidará en asignaturas posteriores en la medida en que el estudiante avance en su carrera.

## **3.2. Propuesta metodológica aplicada al curso de Circuitos Lógicos**

De acuerdo con el modelo de aprendizaje propuesto, se estructuró un conjunto de estrategias que cumplieran con los requerimientos del programa de la asignatura de Circuitos Lógicos. A continuación se presenta una descripción de las estrategias, cada una de las cuales agrupa algunas de las actividades realizadas durante el curso.

### **3.2.1. Estrategia introductoria**

Introduce a los estudiantes en los temas de la asignatura y revisa los conocimientos adquiridos anteriormente y que son necesarios para abordar el tema. Los alumnos presentan propuestas de acción a ciertas problemáticas, mediante la percepción de las mismas seguida de espacios de reflexión, de análisis, y de síntesis. De esta forma, en la clase se hace necesaria la explicación del tema por parte del profesor, para ampliar el conocimiento y orientar el trabajo, lo cual puede propiciar la modificación de los esquemas mentales que los alumnos pudieron relacionar, crear o modificar durante la actividad. Esta estrategia corresponde a los dos primeros procesos del modelo.

### **3.2.2. Estrategia de ejercitación**

Fortalece los conocimientos construidos en la anterior estrategia mediante la aplicación de los conceptos en la solución de problemas. La función del docente en esta estrategia es propiciar la retroalimentación para identificar posibles diferencias a nivel de conocimientos del grupo de estudiantes.

Se realizan actividades como: ejercicios de aplicación, los cuales pretenden poner en práctica los conocimientos adquiridos y desarrollar habilidades en su ejecución; ejercicios de diseño, los cuales permiten aplicar los conceptos a la

construcción y solución de casos de la vida real; y simulaciones, en las cuales se busca una interacción que favorece la exploración de las relaciones entre conceptos. Esta estrategia cubre principalmente los procesos de construcción interna, de aplicación y de creación.

### 3.2.3. Estrategia autónoma-guiada

Busca crear conciencia y compromiso en el alumno hacia su formación académica, cambiando los hábitos de estudio por medio de actividades que apunten más hacia el estudio individual, posibilitando la reducción del tiempo de las clases presenciales. Para tal fin, cada alumno del curso realiza el estudio de los temas de la asignatura por medio de la lectura del material desarrollado dentro de la herramienta, que incluye presentaciones acompañadas de ejemplos, animaciones y ejercicios. El éxito de las actividades que pertenecen a esta estrategia depende en gran medida de los conceptos previos de los estudiantes, y del desarrollo de su capacidad de razonamiento. Esta estrategia permite al estudiante profundizar en los temas de una forma autónoma y la función principal del docente en este caso es la de orientador del proceso. Aquí se abordan los procesos de percepción y construcción interna.

### 3.2.4. Estrategia de documentación

El objetivo de las actividades en esta estrategia es el de estimular la consulta de información de otras fuentes diferentes a las disponibles en la herramienta, a partir de un problema propuesto cuya complejidad demanda la documentación adicional del tema. El papel del docente es cuestionar y orientar al estudiante para que éste confronte de manera crítica su de solución. Esta estrategia abarca todos los procesos del modelo de aprendizaje.

### 3.2.5. Estrategia de clase asistida por computador

Este tipo de clases busca facilitar la comprensión, mediante el manejo gráfico y el seguimiento de simulaciones por computador que realiza el profesor en el aula. De esta manera se refuerzan los conceptos expuestos, propiciando que la información llegue al alumno de forma atractiva siguiendo una estructura de presentación sugerida

por el profesor. Esta estrategia abarca los procesos de percepción y construcción interna.

### 3.2.6. Estrategia de consolidación, integración y aplicación

Esta última estrategia busca la apropiación de los conceptos, consolidando su comprensión y sus relaciones, integrándolos alrededor de la solución de un problema propuesto por el profesor. La solución del problema implica el diseño y la construcción de un modelo. Vale la pena aclarar que, dependiendo de las condiciones del curso y del problema, se puede llegar a la implementación física del modelo diseñado. Esta estrategia permite la construcción del conocimiento en colaboración, a través de la interacción permanente entre los elementos del proceso de aprendizaje (personas, entorno y contenido).

## 3.3. Instrumento

**Learning Space** es una aplicación informática que permite crear, dirigir y administrar cursos mediante Lotus Notes o un navegador de Web. La ubicación geográfica de los participantes del curso puede ser diferente, por lo tanto, para acceder al curso se requiere de múltiples terminales conectadas al servidor de Notes donde está montado el curso. Esto hace que Learning Space facilite un entorno de aprendizaje colaborativo y distribuido.

Esta herramienta permite constituir una comunidad interconectada electrónicamente, en la que los participantes del curso comparten ideas, colaboran en proyectos, y construyen conocimiento. Cada participante puede llevar su propia programación de horarios, siempre y cuando cumpla con las fechas límites de entrega de las actividades propuestas.

Existen diferentes roles que cumplen los participantes de Learning Space; entre ellos tenemos:

- **Administrador:** crea el curso, administra el servidor de Notes, agrega y elimina participantes de la lista de control de acceso del curso.
- **Diseñador:** diseña el contenido del curso, el flujo y el aspecto del curso.

- **Instructor:** dirige el curso y trabaja con los alumnos.
- **Alumno:** participa en el curso.

La herramienta Learning Space está conformada por cuatro ambientes de trabajo denominados Programa, Aula, Mediateca y Perfiles. Por lo tanto, cuando se participa en el curso, el aprendizaje se apoya en estos cuatro ambientes donde se realizan tareas específicas. El acceso a los ambientes se realiza a través de iconos en la página de bienvenida del curso específico. A cada participante se le asigna un nombre de usuario y una contraseña<sup>2</sup>. A continuación se hace una breve descripción de los cuatro ambientes.

- **Programa:** presenta el contenido temático y la lista de actividades del curso.
- **Mediateca:** contiene el material de referencia e incluye documentos, enlaces a otros sitios Web, gráficos, archivos de vídeo o audio, o cualquier otra forma de multimedia que el curso precise.
- **Aula:** permite la realización de foros y trabajo en equipo acerca de los temas y las tareas propuestas, o sobre temas que cada uno de los participantes quiera plantear.
- **Perfiles:** presenta información acerca de los participantes en el grupo. En ella se pueden incluir fotos o imágenes, datos personales, compartir aficiones y gustos, proporcionando un ambiente de comunidad que favorece el trabajo colaborativo.

### 3.4. Evaluación y seguimiento

La evaluación estuvo orientada en dos sentidos: el primero, buscaba establecer el nivel de conocimientos de los participantes de cada uno de los grupos. El segundo, tuvo como objetivo llevar a cabo el seguimiento a la implementación del modelo y de la herramienta; a este tipo de evaluación se le denominó pedagógica.

En el primero se realizaron dos tipos de evaluaciones:

- **Evaluación continuada:** su propósito es establecer el nivel de conocimientos actual y potencial de los estudiantes. Es realizada por el estudiante (autoevaluación), por el profesor

y los asistentes de investigación (heteroevaluación) y por los compañeros de curso (coevaluación). La evaluación continuada se apoya en la realización constante de tareas, talleres y quices.

- **Evaluación acumulativa:** busca retroalimentar al profesor y a los estudiantes respecto del nivel de conocimientos alcanzado en un tiempo determinado; se lleva a cabo a través de las evaluaciones parciales y el examen final.

En el caso de la asignatura de Instrumentos las evaluaciones acumulativas fueron realizadas en conjunto con el docente del otro grupo, con el fin de establecer una comparación entre el desempeño de los estudiantes que hacían parte de la implementación del modelo y otro grupo de estudiantes que siguieron la metodología tradicional. Igualmente en el curso de Circuitos Lógicos aunque se hizo una comparación con el grupo que siguió la metodología tradicional, las evaluaciones fueron diferentes.

En el segundo sentido, la evaluación pedagógica se llevó a cabo a través de instrumentos individuales y grupales cuyo objetivo era recopilar información acerca de las estrategias aplicadas, la herramienta y el modelo en general. En cada grupo se realizaron tres encuestas y dos grupos focales distribuidos de la siguiente manera:

- 1) Encuesta inicial sobre las expectativas del curso en cuanto a la herramienta de apoyo, el proceso de aprendizaje, la relación con el docente y con los compañeros.
- 2) Grupo focal, antes de la primera evaluación acumulativa, en el cual se exploraron los hábitos de estudio así como su nivel de aprendizaje, la relación con el docente, la percepción acerca de la metodología de clase, la experiencia con la herramienta y la facilidad de acceso a ella.
- 3) Encuesta sobre el desempeño del docente y las metodologías empleadas en clase.
- 4) Grupo focal realizado después de la primera evaluación acumulativa, en el que se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos: percepción

<sup>2</sup> Existe un nombre de usuario "imimesis" y una contraseña "imimesis" para el ingreso de invitados que quieran conocer la herramienta.

sobre el aprendizaje logrado, utilidad de la herramienta en la preparación para la evaluación, comentarios y explicaciones respecto a los resultados obtenidos.

- 5) Encuesta al terminar el semestre la cual tuvo en cuenta los siguientes tópicos:
  - a) conocimientos previos y aprendizaje logrado;
  - b) cambios en hábitos de estudio;
  - c) participación en clase;
  - d) utilidad, calidad y facilidad de acceso de la herramienta;
  - e) calidad de las evaluaciones acumulativas;
  - f) metodología del profesor;
  - g) las prácticas de laboratorio; y
  - h) la pertinencia del proyecto de Mimesis en diferentes asignaturas.
- 6) Se realizó una autoevaluación escrita al final del proceso, en la cual se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos: motivación; preparación, dedicación, participación y asistencia a las clases; dominio de prerrequisitos y consolidación de conocimientos; utilización dada al material que brindaba la herramienta; cumplimiento de expectativas; y utilidad de la asignatura.

#### 4. Resultados

Con un solo semestre de aplicación de un modelo de enseñanza – aprendizaje, con los respectivos cambios en las estrategias pedagógicas involucradas, es difícil hacer inferencias sobre todos sus alcances y efectos, más aún cuando los participantes del proceso se encuentran inmersos en un ambiente que mantiene prácticas y modelos tradicionales. Lo ideal sería realizar un seguimiento y evaluación de más largo plazo y de una forma más global, que permitiera evaluar con mayor nivel de confianza los cambios producidos. En todo caso, estarán presentes múltiples factores que afectarán los procesos mismos, tales como la adecuación o implementación que cada profesor haga del modelo, los contenidos, requerimientos y tipos de asignaturas, las historias personales de los estudiantes, los antecedentes académicos, etc. Sin embargo, como en toda investigación rigurosa, se llevaron a cabo actividades de seguimiento y evaluación anteriormente mencionadas, las cuales permitieron obtener los resultados que se exponen a continuación.

Es necesario tener en cuenta ciertos aspectos que influyen en el proceso de enseñanza-aprendizaje de estas asignaturas y que atraviesan la propuesta implementada del modelo. Uno de estos aspectos es el semestre de cada uno de los cursos con los que se trabajó, así: el curso de Instrumentos es una asignatura de quinto semestre, donde se hace más evidente el cambio del ciclo básico al profesional, ya que en este periodo se ven tres asignaturas propias de la electrónica, lo cual les implica a los estudiantes modificar y actualizar las estrategias de aprendizaje y hábitos de estudio, según lo reportaron en los grupos focales. Tradicionalmente estas materias han sido llamadas por los estudiantes “la trilogía”, con lo que hacen referencia a las dificultades que un alto porcentaje de ellos tiene al realizar este cambio y al nivel de estrés que les genera. Este factor influyó en la aceptación del modelo, ya que la propuesta fue inicialmente entendida como una presión más, atribuyéndole a ésta y en particular a la herramienta, los resultados obtenidos en las primeras evaluaciones.

El contexto en el curso de Circuitos Lógicos es bastante diferente, ya que es una asignatura de séptimo semestre, donde los estudiantes han consolidado estrategias de aprendizaje, hábitos de estudio y habilidades de trabajo en grupo, requeridos en la formación profesional. Dentro de la cultura estudiantil este semestre es considerado como un periodo con alta carga académica, debido al tiempo que exigen algunas asignaturas, especialmente Diseño I y Electrónica III. Al inicio de éste, la propuesta de trabajo fue rechazada enfáticamente debido a que la percibían como un aumento de la carga académica, y además como una imposición de trabajo adicional (tareas y talleres obligatorios que exigían un trabajo constante). Al final del semestre valoraron la utilidad de la propuesta, ya que el trabajo permanente les permitió consolidar los conocimientos adquiridos en un proceso gradual, lo cual condujo a tener un estudio más constante durante el semestre, sin necesidad de intensificarlo para las evaluaciones acumulativas.

##### 4.1. El desempeño académico

En cuanto al desempeño académico, algunos factores a tener en cuenta son las características de

los estudiantes y de cada grupo en particular; por ejemplo, en el caso del curso de Instrumentos, se encontró que al iniciar el semestre, el grupo que siguió una metodología tradicional tenía un promedio acumulado de 3.8 y un 25% del grupo de estudiantes tenía un promedio igual o inferior a 3.5. Por su parte, el grupo experimental tenía un promedio acumulado de 3.6 y el 50% de los estudiantes tenía un promedio igual o inferior a 3.5. Esto muestra que al comienzo de la experiencia, la historia académica de los estudiantes del grupo experimental había sido considerablemente inferior respecto del otro grupo. Al comparar los resultados cuantitativos de las evaluaciones, se encontró que el grupo experimental tuvo un desempeño ascendente a lo largo del periodo, mientras el grupo con la metodología tradicional presentó un desempeño irregular con una fuerte baja en el examen final. En el caso de Circuitos Lógicos, aunque no se pudo hacer una comparación cuantitativa debido a que no se hicieron procesos paralelos, de acuerdo con las encuestas realizadas, los estudiantes del grupo experimental reportan un trabajo continuo durante el semestre y un aprendizaje ascendente, como lo afirma el 87%; en contraste, en el grupo que siguió la metodología tradicional el tiempo y esfuerzo de estudio se aumentó considerablemente alrededor de la época de las evaluaciones parciales, debido a la falta de preparación permanente de los temas de la asignatura.

Dentro de las variables que afectan la implementación del modelo planteado, se encuentran también las que son propias de los docentes de cada uno de los cursos. En este caso, los docentes de los grupos experimentales de ambas asignaturas son muy bien evaluados por los estudiantes, lo cual genera altas expectativas al respecto. Cada uno de ellos, de acuerdo a su estilo personal, implementó el modelo en su curso, proponiendo metodologías diferentes; algunas de ellas, las más cercanas a las metodologías tradicionales, fueron bien recibidas por los estudiantes; aquellas que rompían con lo tradicional no fueron totalmente aceptadas, ya que no coincidían con la imagen que, dentro de la cultura estudiantil, se esperaba de dichos profesores.

Otras variables que igualmente afectan la implementación del modelo están relacionadas con las condiciones iniciales de los estudiantes, así como su actitud frente al proceso de aprendizaje y su nivel de motivación, fundamentales para la construcción y consolidación del aprendizaje significativo. El modelo propone una participación activa del sujeto, que ejercite su curiosidad, creatividad y capacidad de expresión. A partir del análisis del proceso en general, se observó que no se lograron totalmente algunas de estas condiciones. En un inicio, fue muy difícil lograr la aceptación de esta propuesta, ya que los estudiantes mencionaban ser más pasivos frente al proceso y esperaban que los profesores les entregaran todo en las clases y no que ellos tuvieran que realizar “tanto trabajo” por fuera de la misma. Ver al docente en el rol de guía generó mucha controversia al comienzo, pero en las encuestas finales se recoge un sentimiento diferente, valorando precisamente la posibilidad de ser más activos. Por ejemplo, en el curso de Circuitos Lógicos, se logró establecer la siguiente comparación: en el grupo con el que se implementó la propuesta, el 52% de los estudiantes manifestaron sentirse activos y respaldados durante todo el proceso de la asignatura; en cambio, de los que siguieron la metodología tradicional, el 70% se percibió pasivo frente a todo el proceso de enseñanza aprendizaje.

Aunque los hallazgos de esta investigación son promisorios, vale la pena señalar que los resultados sobre la calidad del aprendizaje de estos grupos, se podrá valorar mejor a partir del desempeño de los estudiantes en asignaturas posteriores.

#### **4.2. La herramienta tecnológica**

Los recursos de apoyo implementados en el desarrollo de este proyecto, siguiendo los planteamientos del modelo de aprendizaje propuesto por el grupo de investigación, contiene material didáctico que, de acuerdo con los estudiantes, mostró ser útil para el aprendizaje de las asignaturas, gracias a las animaciones, simulaciones, imágenes y videos que estimulan los canales sensoriales, adecuándose cada uno a las modalidades de aprendizaje individuales. La plataforma sobre la cual se implementaron los materiales de los cursos, posibilita la interactividad

en el grupo, aumentando su participación activa en el proceso, pues permite que el estudiante formule sus preguntas, participe en las solución de otras inquietudes y obtenga retroalimentación acerca de sus opiniones.

De otra parte, el acceso al curso depende de varios factores que están relacionados con: el diseño del material, ya que puede hacerse muy complejo y "pesado" (en kBytes) dependiendo de la implementación y de las herramientas utilizadas; las características de la red, velocidad, tráfico, disponibilidad y proveedor del servicio; y los equipos utilizados en el proceso, servidores y clientes. Por ejemplo, en el caso de los equipos de las salas de la Universidad, los estudiantes encontraron inconvenientes, ya que varios no tenían multimedia, tarjeta de sonido o parlantes, y por tanto no podían acceder a todos los tipos de materiales ofrecidos. En algunos casos, el desconocimiento de estas actividades por parte de las personas que administran las salas de computadores de la Universidad, llevó a que los estudiantes fueran retirados de estas aulas, pues consideraban que estaban haciendo "chat", cuando en realidad estaban participando en un foro.

Una condición no esperada fue el elevado porcentaje de estudiantes que manifestaron no poseer facilidades de conexión desde su casa, bien fuera por no tener computador o acceso a Internet, o por los altos costos de comunicación. Esta condición, combinada con la dificultad de acceso a equipos en el campus de la Universidad debido a que se destinan fundamentalmente a clases presenciales, limitó severamente un mayor uso de los materiales y ambientes de la herramienta a lo largo del semestre.

### **4.3. *El conflicto cultural***

Como en todo proceso de cambio, la aplicación del modelo de aprendizaje con sus estrategias y tecnologías asociadas, generó un rechazo inicial explícito por parte de los estudiantes, especialmente de los de Circuitos Lógicos, quienes lo percibieron como una carga adicional de trabajo y una menor presencialidad del profesor dentro del programa. La participación voluntaria de los dos profesores en el proyecto no generó o no permitió que se hiciera evidente cualquier rechazo a los cambios

introducidos en su clase. En el caso de los estudiantes, hubo reacción tanto hacia el cambio de actividades, costumbres y actitudes que se esperaba de ellos dentro el modelo, como hacia la introducción de las tecnologías informáticas.

En cuanto a los cambios de actividades y actitudes, los estudiantes reconocieron la importancia del trabajo personal continuado a lo largo del semestre, pero lo percibieron, inicialmente, como una alta carga de trabajo adicional. Es de resaltar la importancia que los estudiantes le asignaron al final del proyecto a la obligatoriedad de tareas y ejercicios, porque de lo contrario no habrían realizado la misma cantidad de trabajo para su aprendizaje personal. No obstante, los estudiantes no vislumbran en general la importancia de su propia iniciativa en el trabajo individual y, por el contrario, sus metas se orientan más hacia obtener una nota aprobatoria en las asignaturas del semestre, que hacia su aprendizaje como objetivo, o hacia su proyecto de vida profesional. Esto se pudo apreciar en los grupos focales en los cuales se evaluó este aspecto.

El modelo de aprendizaje demanda de los estudiantes tomar posiciones frente al planteamiento y solución de problemas, tanto durante discusiones en clase como a través de su participación en foros virtuales. Se observó una participación baja y no se percibió una disposición clara hacia la argumentación, tanto en su comunicación verbal como escrita. Los estudiantes llegan con la expectativa de una clase magistral tradicional.

La ausencia de consulta a fuentes diversas podría explicar las deficiencias en la argumentación. Dicho ejercicio demandaría de los estudiantes un esfuerzo cognitivo especial para organizar la información y estructurarla de manera coherente, para luego integrarla a sus conocimientos previos y aplicarla de manera eficaz en la solución de problemas. Lo anterior supone tener criterios propios que sustenten la organización dada.

No obstante las dificultades encontradas debido al choque cultural generado, llama la atención el hecho de que en Circuitos Lógicos, donde se implementaron las estrategias introductorias autónomas-guiadas e investigativas, los estudiantes progresivamente fueron modificando sus hábitos de estudio para incorporar a ellos algo nuevo: la

preparación de clases. Es posible que de haber contado con un tiempo mayor se hubieran podido introducir otras modificaciones en sus estrategias de aprendizaje, estimuladas por la coherencia de la propuesta y por la demanda sistemática de cambios para el logro de los propósitos de formación.

En relación con el uso de tecnologías informáticas de apoyo al aprendizaje, se percibe aún desconfianza hacia éstas, en parte debida a no contar con infraestructura suficiente en cuanto a acceso a Internet desde la casa, costos de comunicación, salas suficientes de computadores, velocidad de acceso y confiabilidad, como se mencionó en 4.2.

Como se había dicho anteriormente, los estudiantes esperan que la herramienta tecnológica provea la información requerida, tendiendo a centrarse en ella para todas sus consultas de información. Dos creencias podrían explicar esta actitud de los estudiantes. La primera, que parece dominar en la cultura y que daría cuenta de su resistencia a modificar sus prácticas habituales de estudio, es aquella que prescribe que aprender e investigar son dos procesos diferentes, mientras que el modelo supone que las actividades de investigación son parte integral del proceso de aprendizaje. La segunda creencia que se percibió tiene que ver con la relación entre investigar y consultar información. El modelo demanda del estudiante llevar a cabo elaboraciones personales a partir de la consulta a la herramienta y otras fuentes diversas de información, como parte de su formación hacia la investigación. Los estudiantes, en general, asocian la consulta y resumen de información con investigación, y al no realizar aportes personales ni asumir una posición frente a la información consultada, se ven limitados en los debates, en sus posibilidades de participación, argumentación y sustentación de sus hallazgos. Esta creencia podría bajar significativamente los criterios de suficiencia y calidad del aprendizaje con los cuales se aproxima el estudiante al conocimiento.

También es de anotar, que los estudiantes no integran totalmente el uso de la herramienta tecnológica con sus actividades cotidianas, tales como la elaboración de tareas, en las que al darles la opción de entregarlas por Internet o en papel, prefieren este último. Así mismo prefieren la

pregunta personal a un compañero a la participación en el foro. Sin negar las claras ventajas de la interacción personal cara a cara, los estudiantes aún no aprecian las ventajas del foro virtual que permite el registro de la evolución y desarrollo de una discusión, constituyéndose en una fuente importante de información perdurable dentro de la dinámica del curso.

## **5. Retos investigativos futuros**

Como se indicó anteriormente, los resultados obtenidos en este proyecto muestran lo que podría denominarse un choque cultural en los estudiantes. Los profesores, dado que participaron voluntariamente en el proceso, no expresaron explícitamente este choque, pero es posible que en alguna medida éste se haya manifestado y pueda presentarse en una aplicación posterior con otros profesores. En el caso de los estudiantes, observamos que ellos esperan estrategias pedagógicas más tradicionales, es decir, más centradas en la actividad magistral del profesor. El trabajo individual, lo mismo que la participación activa y autónoma en clase presencial o en los grupos de discusión por red, es aún percibida como una carga adicional. Esto lleva a plantear un desarrollo posterior del modelo en dos direcciones complementarias; por una parte, se deben generar mecanismos que permitan comprender con mayor profundidad la cultura del estudiante de Ingeniería Electrónica como aprendiz, que se expresa en las relaciones que establecen con sus profesores, y que subyace a las prácticas pedagógicas tradicionales, a las maneras como unos y otros se acercan al conocimiento, cómo se apropian de él, cómo interactúan con otros y buscan generar soluciones frente a problemas particulares de la disciplina; por otra parte, se debe continuar con la aplicación de este modelo en otras asignaturas y, de ser posible, implantarlo desde los primeros semestres, con el fin de disminuir el rechazo al cambio que en algunos momentos se percibió. Esto implicaría un esfuerzo en su divulgación y asesoría a los profesores que quieran implantarlo en sus clases, al menos durante su primera aplicación, y desarrollar material de guía, así como metodologías de asesoría para los profesores, tales como talleres y seminarios individuales y grupales.

El modelo conlleva la interacción de todos los participantes del proceso de enseñanza-aprendizaje,

aunque no es explícito hacia el trabajo colaborativo. Si bien esto último se logró y lo consideramos como un avance, nos preguntamos si es suficiente a la luz de las competencias que demanda hoy la sociedad en términos de los nuevos profesionales. Seguramente, son múltiples las respuestas que podrían darse, pero hay una que en este momento interroga al grupo Mimesis: La posibilidad de construir comunidades de aprendizaje a lo largo del proceso de formación universitaria. ¿Por qué comunidades de aprendizaje? La respuesta supone recuperar un camino avanzado por el grupo Mimesis. Progresivamente, hemos ido visualizando la necesidad de que los procesos de aprendizaje que se generen, propicien la vinculación de los estudiantes y profesores en el desarrollo de proyectos, buscando estimular el diálogo argumentativo, el respeto a la diferencia, el reto a la argumentación sólida y la búsqueda de respuestas a preguntas propias de la disciplina, desde un enfoque interdisciplinario. En esta concepción, los profesores se transforman en gestores de experiencias de aprendizaje, allanando el camino desde esquemas de educación formal, hacia la consolidación de una democracia investigativa.

Por ello, es importante un desarrollo adicional de estrategias, enmarcadas en el modelo, hacia este tipo de trabajo en forma más explícita, buscando generar entre los estudiantes y los profesores verdaderas comunidades de aprendizaje, así como redes de conocimiento y de investigación, que incluso lleguen a traspasar las fronteras institucionales, tanto en el ámbito nacional como el internacional.

Por otro lado, resulta interesante señalar que cada propuesta metodológica, dentro del mismo modelo, constituye una metamirada de los procesos cognitivos involucrados en la apropiación del conocimiento que un ingeniero electrónico debe llevar a cabo en Circuitos Lógicos e Instrumentos. Teniendo en cuenta lo anterior, otra pregunta que debe abordarse es, de qué manera los procesos cognitivos propuestos en el modelo se constituyen en herramientas metacognitivas útiles para la apropiación del conocimiento por parte de los estudiantes y de qué manera afectan sus procesos de pensamiento. Dentro de la investigación ya

adelantada por Mimesis se han desarrollado propuestas de herramientas tecnológicas para apoyar la auto observación de estudiantes y profesores, dentro de sus actividades de enseñanza-aprendizaje. Un paso adicional a seguir es la implementación y evaluación de estas herramientas.

Mientras en el proyecto actual el modelo se aplicó con éxito en dos asignaturas teórico-prácticas, su aplicación en asignaturas exclusivamente teóricas o con énfasis hacia la práctica, deberá mostrar sus beneficios en la formación integral de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electrónica. El grupo Mimesis ya ha empezado a trabajar hacia las asignaturas de Diseño, las cuales tienen énfasis en la práctica y están orientadas a proyectos. Estas asignaturas son la manifestación del énfasis de la Carrera de Ingeniería Electrónica en la Pontificia Universidad Javeriana hacia esta actividad, lo cual es reconocido como una fortaleza de la formación y uno de los factores de éxito de sus egresados.

## 6. Bibliografía

- 7) Ausbel, David. Psicología Educativa. México Editorial Trillas Cap. 2.
- 8) Bigge, Morris "Teorías de Aprendizaje para maestros" Editorial Trillas. Cap. 4.
- 9) Bruffee, Kenneth A. Collaborative Learning. Johns Hopkins University Press, 1999.
- 10) Bruner. El proceso mental en el aprendizaje. Madrid : Narcea, 1978.
- 11) Carretero Mario, Constructivismo y Educación. Editorial AIQUE, Pág. 17-62, 1993.
- 12) Coll, Cesar. ¿Qué es el constructivismo?. Editorial Magisterio del Río de la Plata 1997.
- 13) García Madruga, J.; Elosúa, M.R.; Gutierrez, F.; Luque J. L. Y Garate, M. Comprensión Lectora y Memoria Operativa: Aspectos Evolutivos e Instruccionales. Ed. Paidós, 1999.
- 14) Martínez, M.; M. M. Ruiz; J. Sánchez; J. F. Vega Riveros y F. Viveros Moreno. Tecnologías de Información y Educación. Propuesta aprobada en la Convocatoria para el

Mejoramiento de la Docencia, Vicerrectoría Académica, Pontificia Universidad Javeriana. Octubre 1999.

- 15) Reigeluth, Charles "Diseño de la instrucción – Teorías y modelos. Un nuevo paradigma de la teoría de la instrucción" Editorial Santillana. Cap. 7, 1999.
- 16) Vigotski, Lev. El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. Editorial Científica, 1989.
- 17) Piaget, Jean. Seis Estudios de Psicología. 3a ed. Barcelona : Ariel, 1990 1º Edición 1972.
- 18) Perez, J. Comprender y Transformar la Enseñanza. Editorial Morata. Madrid: 1996.
- 19) Porlan, Rafael. Constructivismo y escuela. Editorial Diada Sevilla 1995.
- 20) Vasco, Carlos. Constructivismo en el aula: ¿Ilusiones o realidades?. Santafé de Bogotá Editorial CEJA 1998.
- 21) Zamudio, José Ignacio(compilador). Constructivismo: El paradigma, el aprendizaje, la enseñanza y el cambio conceptual. Publicación: Cali : Martín Vieco. Universidad Santiago De Cali. Facultad De Educación. Departamento De Psicopedagógica.

## 7. Investigadores

Gloria Patricia Marciales Vivas, Psicóloga, Magíster en educación, Candidata a Doctorado en psicología escolar y desarrollo. Profesora del Departamento de Psicología .

Mauricio Martínez Melo, Psicólogo, Magíster en psicología clínica y de familia. Psicólogo del Sector de Asesoría Psicológica

María del Mar Ruiz Gil. Psicóloga del Sector de Asesoría Psicológica

Andrés Ernesto Salguero Beltrán, Ingeniero Electrónico, Magíster en Ingeniería Electrónica, Candidato a Doctorado en Ingeniería Electrónica. Profesor del Departamento de Electrónica.

Jorge Luis Sánchez Téllez, Ingeniero Electrónico, Master of Science in Electrical Engineering. Profesor Titular, Departamento de Electrónica.

José Fernando Vega Riveros, Ingeniero Electrónico, PhD in Electrical Engineering. Profesor Asociado, Universidad de Puerto Rico, sede Mayagüez

Francisco Viveros Moreno. Ingeniero Electrónico. Profesor Titular, Departamento de Electrónica.

# **EXPERIENCIA CURRICULAR DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DE OCCIDENTE A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DIDÁCTICO PARA ENSEÑAR INGENIERÍA**

**Felipe Alberto Murcia Meza**  
**Profesor TC División de Ingenierías**  
**Corporación Universitaria Autónoma de Occidente**

## **RESUMEN**

El programa de ingeniería Industrial de la División de Ingenierías de la CUAO ha emprendido en su plan de actividades, la creación de equipos y materiales didácticos. Con esto se pretende que los docentes mejoren sus esquemas tradicionales de la enseñanza en Ingeniería y ofrecer a los estudiantes una perspectiva más amplia de las disciplinas científico-técnicas.

En general son diversos los problemas que se deben enfrentar en el momento y tiempo en que se enseña ingeniería; se pueden considerar como los más importantes la formación de conceptos en los procesos de pensamiento, deficiencias en la formación de profesor y la carencia de equipos y materiales didácticos apropiados para la enseñanza de asignaturas de la ingeniería, tales como sistemas de producción, normalización y gestión tecnológica.

Es entonces cuando se modifica la educación de ingeniería, enriqueciéndola a través del desarrollo de habilidades para el aprendizaje, el fomento de la exploración y el descubrimiento, la apropiación del conocimiento y el emprendimiento o iniciativa.

El equipo que se diseñó se denomina “línea automatizada de ensamble de automóviles” que estuvo diseñada e implementada por el autor de este artículo. Este equipo muestra el ensamble de un auto desde la formación del chasis hasta el control de calidad del mismo; como tal, ofrece una amplia posibilidad de realizar experimentos confiables, de manera que el estudiante puede trabajar directamente sobre aspectos fenomenológicos y no perderse en armar cosas que no funcionan.

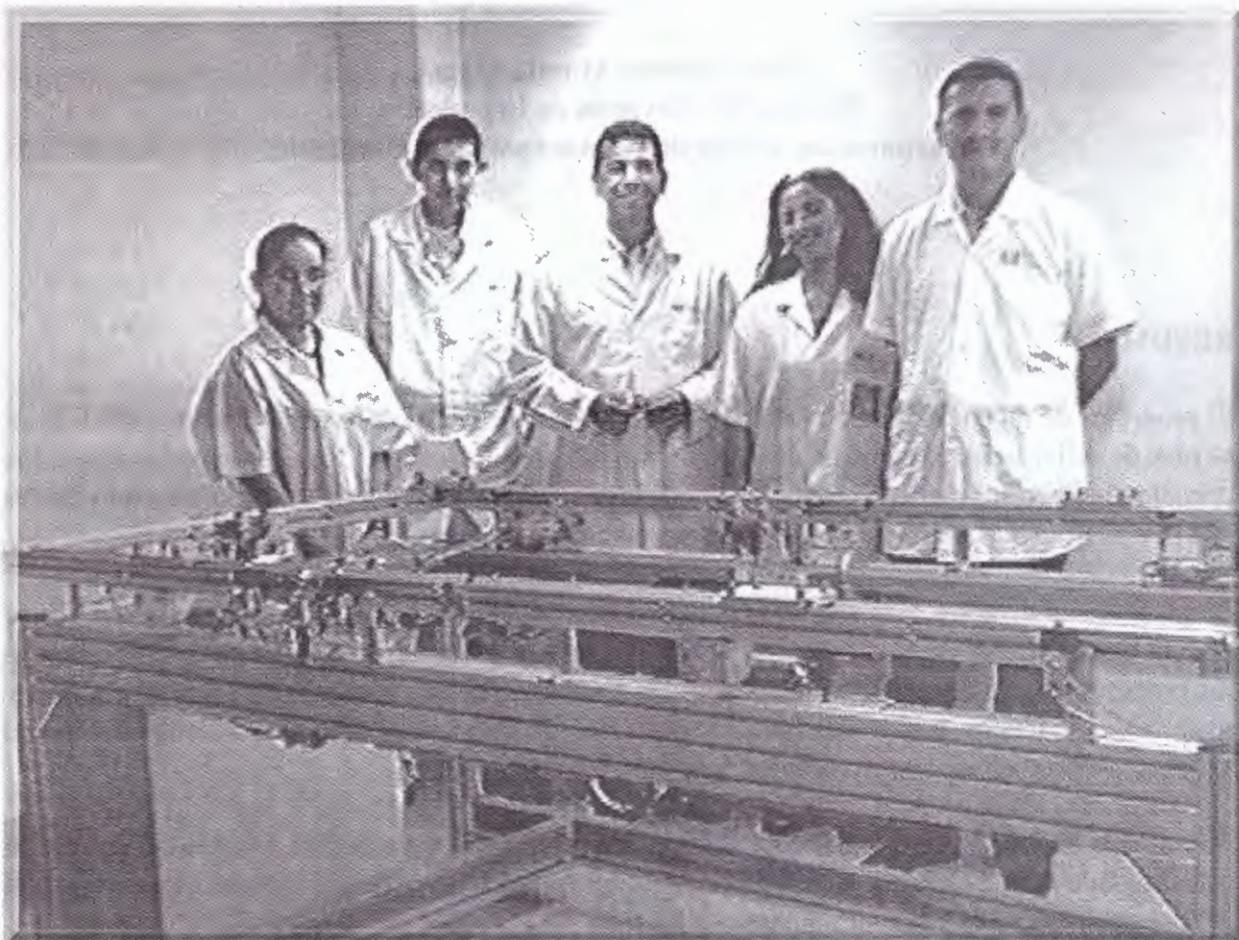
De esta manera se ha enriquecido la tarea educativa y se está fomentando la formación de investigadores, profesionales y técnicos, así como en la difusión de una cultura científica y tecnológica como parte de las funciones sustantivas de la universidad.

## **INTRODUCCIÓN: EL PROCESO EDUCATIVO**

El proceso educativo pretende cumplir tres fases, para llegar al cumplimiento de su finalidad:

- ✓ Suscitación de un interés mediante situaciones propicias.
- ✓ Aparición de las reacciones adecuadas para satisfacer el interés.
- ✓ Adquisición de los conocimientos necesarios para controlar y dirigir las reacciones.

## **LA EXPERIENCIA PEDAGÓGICA DE UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DIDÁCTICOS EN LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.**



La utilización de un equipo didáctico para realizar prácticas de laboratorio, genera expectativas educativas enmarcadas en la realización de acciones que se prevén y ejecutan (por parte del estudiante), para el desarrollo de su proceso de aprendizaje en dos vías de acción:

1. Descripción de las acciones que emprenderá el estudiante para adquirir o construir aprendizajes.
2. Construcción de saberes, saberes hacer y saberes ser a partir de las acciones.

En este sentido, se utiliza como ejemplo específico, uno de los laboratorios del área de gestión de las operaciones y la producción, como lo es el laboratorio de aseguramiento de la calidad, que será

aplicado a “línea automatizada de ensamble de automóviles”. En este laboratorio se realizarán ejercicios prácticos que determinan la capacidad de aprendizaje de un estudiante al identificar 5 variables a controlar; las variables son repetibilidad, reproducibilidad, sesgo, estabilidad y linealidad del sistema.

La práctica de laboratorios tiene como tal dos enfoques: el del profesor y el del estudiante; El profesor es quien decide la actividad o tarea a realizar y la propone al estudiante; incluso cuando el estudiante puede elegir la actividad o la tarea a realizar, ello se debe a una decisión previa del profesor.

Mientras el estudiante realiza una actividad el profesor también interviene, también actúa, proporciona ideas, corrige, hace sugerencias aporta nuevos materiales..

La labor estudiantil está enmarcada en la guía del estudiante, con la cual se pretende la realización de ciertas tareas escolares que implican niveles de actividad diferente:

- ✓ Atender explicaciones.
- ✓ Ejecutar una serie de instrucciones.
- ✓ Elegir lo que el alumno quiere hacer.
- ✓ Marcar una meta o un objetivo.
- ✓ La invitación al estudiante para que busque los instrumentos necesarios para alcanzar el objetivo.

En la CUAO, la utilización de equipos didácticos para la enseñanza de la ingeniería, ha permitido la planificación de las actividades y la organización de un proceso integral y social de aprendizaje. Las actividades concatenadas y organizadas han propiciado al programa de ingeniería industrial procesos de aprendizaje exitosos; Las actividades se clasifican en:

- ✓ Funcional
- ✓ Escucha
- ✓ Efectuación
- ✓ Autoestructurante

### **Actividad funcional**

Responde al interés del estudiante. El decide que hace. En las prácticas de laboratorio de ingeniería industrial a la cual pertenecen los laboratorios de aseguramiento de calidad, el estudiante decide cual de las 5 variables a controlar emprende prioritariamente como objeto de estudio (debe recordarse que las variables son repetibilidad, reproducibilidad, sesgo, estabilidad y linealidad del sistema).

En este tipo de actividad el estudiante procura el máximo de su iniciativa y la intervención del profesor apunta a brindar ayuda más que a hacer propuestas.

En este tipo de actividad, la planificación de la ayuda o asistencia es mínima o en casos nula puesto que la naturaleza de la ayuda solicitada por el estudiante es de diversa naturaleza.

## Actividad de Escucha

En la actividad de escucha se siguen instrucciones encaminadas a lograr “capturar” saber, mediante el esquema Emisor-Receptor.

En este sentido se espera el máximo de atención hacia el profesor quien inducirá la actividad, por ejemplo, la práctica de laboratorio de aseguramiento de la calidad en la cual se realiza un diagrama de dispersión y regresión lineal para el equipo didáctico “línea automatizada de ensamble de automóviles”.

En este caso el profesor explica a sus estudiantes la razón por la cual se hace necesario estudiar la relación de correspondencia de dos variables: Ejemplo: cual es el grado de afectación de la calidad de la pintura del auto si se disminuyen los tiempos de operación de la sección de pintura.

Para estudiar la relación entre dos variables como son la calidad y los tiempos de operación, se utilizan diagramas de dispersión y las 2 variables tienden a estudiarse teniendo en cuenta una característica de calidad y un factor que la afecta.

## Actividad de Ejecución

Las actividades de ejecución no responden necesariamente al interés del alumno. Generalmente son sinónimos de movimiento e interesa la adquisición de un conocimiento para la comprobación de un resultado. En este tipo de actividad se ejercita una destreza y el estudiante aprende a comportarse de acuerdo a una norma.

Como ejemplo se expone la elaboración del diagrama de dispersión en el cual el estudiante debe reunir pares de datos (X,Y), cuya relación se quiere estudiar y organizar en una tabla; luego se deben hallar los valores mínimos y máximos en “X” y “Y” utilizando un plano cartesiano (abscisa y ordenada). Por último se deben graficar los datos. Si se obtienen los mismos valores e diferentes observaciones se muestran estos puntos haciendo círculos concéntricos o se registra el segundo punto muy cerca del primero. Ver Tabla:

Tabla: Relación entre la calidad de la pintura y los tiempos de operación de la sección de pintura

Registro	Tiempos de operación	Calidad obtenida
1	39	65
2	43	78
3	21	52
4	64	82
5	57	92
6	47	89
7	28	73
8	75	98
9	34	56
10	52	75

## Actividad Autoestructurante

Esta actividad consiste en aceptar un objetivo cuyo origen puede encontrarse en sí mismo o en otra persona y en organizar las propias acciones con el fin de alcanzarlo.

Las intervenciones del profesor son de propuesta, de reflejo o de ayuda.

En la actividad autoestructurante o exploratoria el estudiante tiene autonomía para organizar y estructurar sus actuaciones, decidiendo como realiza la tarea; el grado de elección de la tarea es mínimo; el profesor elige el saber y a la vez potencia la actividad del estudiante para adquirir un saber.

En el caso del laboratorio en mención, el diagrama de dispersión inducirá al análisis de la existencia de una relación (correlación) positiva o negativa entre la calidad y el tiempo de operación de la sección de pintura. Sugiere además que la relación entre las dos variables es de tipo lineal (recta) en promedio, ya que se tendría una recta al trazar una línea por el centro de la nube de puntos al partir de la parte inferior de la nube a la superior. Ver gráfico.

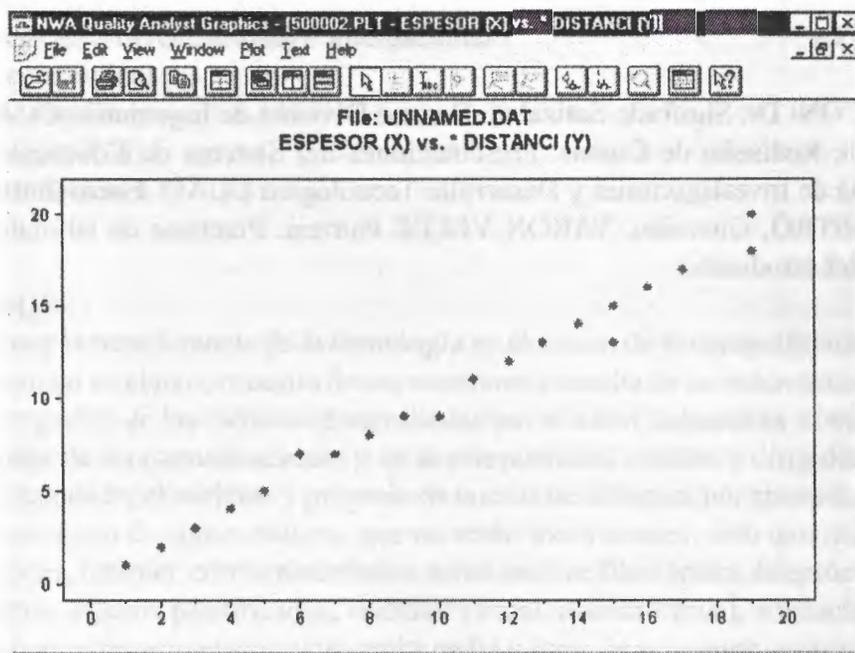


Grafico: Diagrama de dispersión realizado en el software NWA (North West Analisisyst) para el control estadístico de la calidad y el control estadístico de los procesos.

## **CONCLUSIONES**

Se concluye entonces que la experiencia curricular del programa de ingeniería industrial de la corporación universitaria autónoma de occidente, a través de la implementación de un equipo didáctico para enseñar ingeniería es muy útil y acertada, desde el análisis de las actividades que realiza el estudiante conduciendo al análisis de la interactividad profesor /estudiante.

Las dimensiones didácticas para el análisis de la interactividad se pueden expresar en metas y acciones concretas:

1. La finalidad educativa que pretende el profesor con las actividades propuestas.
2. Existencia o no de un saber alrededor del cual se organizan las actividades.
3. Planificación por parte del profesor de las actividades que el estudiante realizará.
4. Tipo de intervenciones del profesor durante la actividad.
5. Grado de iniciativa del estudiante en la elección de la actividad y de su contenido.
6. Grado de iniciativa del estudiante en la realización de la actividad.
7. Naturaleza de la actuación.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Entrevista CON: Dr. Sigifredo Satizabal. Decano División de Ingenierías CUAO. 2.000.
2. Programa de Rediseño de Cursos. Presentaciones del Sistema de Educación Virtual de la Vicerrectoría de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico CUAO. Enero 2001.
3. ARIAS CASTRO, Giovanni, VARON VELEZ Patricia. Practicas de laboratorio. Guías del profesor y del estudiante.

# **INNOVACIONES TECNOLOGICAS A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL**

**MÁXIMO BARRERA LIZARAZO  
CATEDRÁTICO UNIVERSITARIO**

**UNICIENCIAS**

**Teléfonos 3220055 – 6122531**

**Fax 2136871**

**Email: mbarrera@poligran.ed.co**

## **CONTENIDO**

- I. Resumen**
- II. Innovaciones a nivel nacional e internacional**
- III. Retos tecnológicos**
- IV. Invenciones futuras**
- V. Visión siglo XXI**
- VI. Recomendaciones**

### **I. RESUMEN**

La investigación y la transferencia de la tecnología en el marco de la competitividad e igualdad en el sector educacional en el país, necesita de una constante consulta de las innovaciones tecnológicas actualizadas y vigentes de las ciencias desarrolladas por el saber humano en el mundo.

La modernización de las comunicaciones y de la computación, creadas y dirigidas por el hombre, han dado como resultado, el adelanto y progreso de nuevas tecnologías, por ejemplo; la presentación de la quinta generación de computadores, que no serán tradicionales, sino que razonarán.

En comunicaciones, Internet, correo electrónico, señal satélite, fibra óptica, teleproceso, inteligencia artificial, robótica, dineros plastificados, realidad virtual, oficina virtual, educación virtual, mesa de votación virtual, comercio electrónico, multimedia y otros de no menor importancia, hacen que en estas dos primeras décadas del siglo y milenio hayan avances en la computación y en la comunicación, con incidencia positiva en los hogares, la industria, el comercio, el transporte, etc. Tecnologías que han roto las barreras del tiempo y del espacio y han facilitado el empleo más adecuado de estos recursos en las labores propias de cada área de los diferentes servicios.

Los medios y procesos electrónicos han participado en el comportamiento humano, en las distintas actividades tanto en el nivel nacional como internacional; en los ítems familiares personales, sociales, políticos, comerciales, técnicos, deportivos, científicos, matemáticos, religiosos, financieros, siderales, atmosféricos y demás actividades propias del hombre.

### La Tecnología a Nivel Nacional

- ❖ Telecom informa la importancia y el acceso gratis a Internet para modernizar al Estado, beneficiar al sector productivo y prestar un servicio oportuno a la sociedad en pro del bienestar de la gente.
- ❖ La ETB comunica la instalación de sus primeras líneas telefónicas de suscriptores digitales para la conexión de la red de redes (Internet), y aceptar así, el reto de las nuevas tecnologías.
- ❖ TV Cable ofrecerá servicios de telefonía a través de un cable módem que conectará el teléfono tradicional, con garantía de un servicio basado ciento por ciento en telefonía empaquetada de voz sobre protocolos de Internet.

### Otros Impactos de la Tecnología

- ❖ La educación tradicional y a distancia se conjugarán y se convertirán en un modelo virtual.
- ❖ La comercialización global a través del dinero plastificado.
- ❖ El acceso y consulta a bases de datos y archivos de información.
- ❖ Los deportes, juegos infantiles, diseños y comportamientos del ser humano presentados a través de la pantalla chica, hacen que las técnicas y modelos de enseñanza tradicionales tengan un cambio dirigido a la realidad virtual.
- ❖ Aceptar el reto virtual en todas sus modalidades.
- ❖ Uso de nuevas y mejores fórmulas de las tecnologías de punta vigentes en los distintos programas.
- ❖ Empleo de la multimedia, tele-conferencia, video-conferencia, chat y otras técnicas.
- ❖ Desarrollo global de las comunicaciones y telemática, en áreas de la educación, negocios, industrialización, comercialización, técnicas matemáticas y financieras.
- ❖ Red interoceánica de alta velocidad alrededor de Suramérica.

## II. INNOVACIONES TECNOLÓGICAS A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

### 1) A Nivel Nacional

- a) Ley 44/93, del autor. Respaldo al ente intelectual, mayor auge para los autores de obras literarias, artesanas, sistemas e informática, comunicaciones, matemáticas, electrónicas, políticas, sociales, religiosas, financieras, etc. Quienes disponen de su producido para vender, funcionar, hacer alianzas, arrendar, actualizar, modificar, etc. Mayor responsabilidad y respaldo para los autores de obras, quienes pueden y deben disponer de su creatividad, dando así un estímulo al intelecto nacional. Dispone de las condiciones, procedimientos y formas de realizar estas labores intelectuales.
- b) Outsourcing (compras externas). Contratación externa como alternativa para soluciones de problemas; contratar y delegar en otra empresa uno o más procesos de los suyos, contratación a largo plazo con proveedores externos. Contratación de uno o varios proveedores para administración o manejo o implantación de procesos, actividades, etc. de una organización. Existen tecnologías de negocios, financieras, administrativas y demás temas del orden comercial e industrial. Entre otras ofrece las siguientes ventajas:

- Quitarse un problema y dedicarse a otros
- Delegar áreas y funciones difíciles de administrar y controlar
- Compartir riesgos, compromisos y servicios con convenios
- Acceder a tecnologías y metodologías vigentes
- Entregar a terceros áreas y funciones específicas

Se concluye, que faciliten experiencias en el manejo y administración de las áreas delegadas, crea nueva cultura organizacional, vincula recursos humanos en todas las fases del proceso, involucra personal interno y externo y evita monopolios, permitiendo a varios proveedores.

c) Ley 80 de 1.993 de las Contrataciones y las licitaciones. El estatuto de contrataciones administrativa, en su ley 80 de 1.993, reglamenta, publica y exige, el cómo se deben planear, programar y ejecutar los contratos y las licitaciones en los entes estatales para evitar los fraudes.

Especial énfasis requiere, la competencia para dirigir las licitaciones en su artículo 11; los deberes de selección objetiva en su artículo 29, y la estructura del procedimiento de selección en el artículo 30.

El objeto de la ley, es el de disponer de las reglas y principios que rigen en los contratos y las licitaciones realizadas en las entidades del estado. Los diferentes fraudes Ej: del Congreso, la Cámara, Carbocol, sector eléctrico, Institutos descentralizados etc; se deben al no cumplimiento de esta ley y la carencia de auditorías y controles.

d) Leasing (Contratación con opción de compra). Arriendo financiero con opción de compra, en un período determinado según contrato convenido, canon de arriendo previsto para un período determinado todo según un contrato donde participa el arrendatario o usuario locativo, el arrendador (compañía o persona) los bienes muebles e inmuebles, los cánones o costo convenido y los plazos previstos con opción de compra y otras alternativas pactadas desde el principio hasta el fin del contrato, lo anterior nos ofrecen las siguientes ventajas:

- ✦ Posibilidad de financiar el 100% del valor.
- ✦ Mayor flexibilidad en los plazos negociables.
- ✦ Evita al locatario procesos de adquisición de bienes.
- ✦ No afecta índices de endeudamiento.
- ✦ Permite el uso del bien; sin ser dueño.
- ✦ Cánones por arrendamiento deducibles de impuestos.
- ✦ De uso en todas las áreas y temas industriales y comerciales.

## 2) A Nivel Internacional

### a) Inteligencia Artificial

Nació con la humanidad, se ha desarrollado de acuerdo a las innovaciones tecnológicas, de cada fase o etapa, se requiere del racionamiento y de la inteligencia humanas conjugadas con las tecnologías, procedimientos e inventos y creatividad que siempre suelen presentarse en el mundo; siendo necesarios los recursos de las diferentes áreas con el aporte de las investigaciones y creatividad del hombre.

### b) Sistemas Expertos

Es un sistema informático que simula el proceso de aprendizaje, memorización, racionamiento, consultorías de expertos humanos en una determinada rama de la ciencia, suministrando un consultor que pueda sustituirlo con garantía y éxito. Entre otras funciones y consideraciones, podemos, concluir :

Como suministradores de información, resolviendo problemas, explicando casos concretos, adquiriendo conocimientos, almacenando información, razonando en casos específicos. Los objetivos los podemos relacionar, así: instituir y mejorar el experto humano, superar la calidad del conocimiento de los expertos, conseguir la superación del conocimientos, multiplicar el número de expertos y disminuir su costo elevado.

Las etapas o fases, son: invención, prototipos, experimentación e industrialización.

En las Fases desarrolladas existen algunas, como el drendal, Macsyma, prospector exporte y con diferentes propósitos cada uno.

#### c) Robótica

Es una ciencia que es aplicada en cualquier tarea que realiza el hombre, su uso en las labores de campo, en la industria, en el comercio, laboratorios, transportes, puertos, aeropuertos, siderúrgica, metalmecánica, automotriz, el espacio, la educación y las matemáticas, etc., requieren de recursos que le proporcionan apoyo como la mecánica, electrónica, la informática, la automática, las matemáticas, las comunicaciones, etc.

Un cronograma muestra el avance desde el siglo XVIII hasta hoy; se caracteriza por dos condiciones: repetitividad y exactitud. Los robots se clasifican según su uso y empleo y existen varias marcas y modelos, es una tecnología con futuro y para el futuro.

#### d) Realidad Virtual

Es la conjugación de las innovaciones tecnológicas, la mente y la sabiduría humana, con futuro en el campo de la educación, ofimática, industria, comercio plastificado, mesas de votación, transacciones, Pymes, matemáticas, viajes espaciales, robótica, la simulación, tercera dimensión, juegos infantiles, deportes, ciencia ficción, A.D.N. y clonación, etc. Serán áreas muy afines con esta realidad que se encuentra en práctica, ya en los países desarrollados. En Colombia existen ejemplos en casos especiales en la investigación a través de Colciencias, Icfes, Icetex, Universidades, etc, que serán una realidad próximamente.

#### e) Internet y Correo Electrónico

Red de redes globalizadas termina con el dilema del tiempo y la distancia, todos somos usuarios sin distingos de razas, idiomas, lenguas, ubicación geográfica, y estratos sociales, sexos, edades y culturas. No requiere de personal especializado y los recursos necesarios son fáciles de conseguir e instalar. Abarca toda la ciencia del saber humano, es consultada por millones de millones de usuarios durante las 24 horas, sus costos son irrisorios y permite el acceso sin dificultades.

El correo electrónico, servicio a través del e-mail está prestando un servicio singular a usuarios, sin condiciones especiales con ventajas como bajo costo, excelente margen de seguridad, oportunidad, eficacia, etc., está, si, perjudicando empresas como Telecom, TV Cable, ETB, Redsi, celumovil, comcel, Avantel y otras.

#### f) Clonación

Consiste en copiar algo en forma idéntica, hasta hoy se han clonado tarjetas plásticas, cédulas de ciudadanía, otros documentos y algunos animales, Ej: la ovejita Dolly, cinco cerdos y una abeja. Se dice que tres investigadores, un norteamericano, un italiano, y un oriental, están adelantando, estudios para clonar al ser humano aunque la Iglesia y la parte jurídica discienten de ésta actividad.

### III. RETOS TECNOLOGICOS

#### 1. El Traslado del Mundo Físico a Internet

Las actividades y procesos en su totalidad, serán trasladados a la herramienta moderna el Internet, utilizando Base de Datos, Archivos, Ficheros, Bodega de Datos, Etc., y facilitando su acceso para consultas, y actualizaciones. Se requerirá el uso de la Tecnología de Teleproceso a través de redes Lan, Man y Wan.

## 2. Las Infraestructuras Nacionales

A través de las telecomunicaciones e innovaciones, estímulos y procedimientos de descentralizaciones, se presentarán cambios en las organizaciones jerárquicas de todo orden. Lo anterior permite la estabilización de algunos países y el movimiento más rápido de otros. Ejemplo el caso de la poderosa Rusia.

## 3. Globalización

Estandarización, unificación, compatibilización, igualdad, homogeneidad, regulación, hacen que por ejemplo el comercio plastificado se ponga de moda a nivel mundial. Lo anterior es posible si evitamos el Egoísmo, la Envidia, Rivalidad e injusticias, menos pobreza y desempleo, recesiones económicas, situación social y política y medio ambiente. Lo anterior facilita una regulación de negocios, mejor comercialización, transacciones y aspectos financieros.

## 4. Equidad Social

Igualdad de deberes, derechos y obligaciones en todos los ámbitos. Las razas, los sexos, idiomas, costumbres, religiones, hacen y requieren de unificación a nivel nacional e internacional de procedimientos, normas políticas, o disposiciones en bien de un conglomerado.

## 5. Propiedad Intelectual

La Ley 44/93 del autor. Da protección al intelecto y respalda al creador de artículos, libros o inventos. Patarroyo, Botero, el Gabo entre otros, pueden y deben usufructuar sus Inventos y obras.

## 6. Dominio del Inglés y Sistemas

Recurso Humano que no esté en ésta tónica, están desactualizados.

## 7. Veracidad de la Información

La existencia de volúmenes de información procesada a través del computador, hacen que no sean de gran credibilidad, se requiere depurar estos archivos y corregir las inconsistencias a fin de garantizar su veracidad a sus usuarios.

## 8. Proceso Político

La obsolescencia y tradición negativa de estas organizaciones, hacen que su credibilidad y afecto se hayan debilitado, debido a los desafortunados resultados obtenidos. Se requiere nuevas sociedades, grupos, partidos o entes, que manejen este quehacer en distinta forma, para evitar el caos en que se encuentre el país.

## 9. Cambios de Potencias

El desgaste de la continuidad en sus costumbres y tradiciones, locales, regionales, metropolitanos, nacionales y remotas, hacen que se piense hoy en forma diferente y considere el cambio y los ajustes en las organizaciones jerárquicas.

## 10. Decisiones Rápidas y Globales

La globalización, comercio electrónico, clonaciones, viajes espaciales, educación virtual y otros acontecimientos, hacen que la toma de decisiones se ejecuten a nivel mundial en forma rápida y exacta.

## IV. INVENCIONES FUTURAS

Qué nos depara el futuro, cuál es el panorama de la ciencia y la sociedad en las próximas décadas. El futuro sorprende a quien no esté preparado, no se puede comparar la vida cotidiana de hoy con las del comienzo de siglos anteriores, capacitémonos para estar mejor en el presente siglo.

## 1. Computadores en el Cuerpo

Está a punto de andar con el usuario, como si se tratara de una prenda de vestir. El Mit está trabajando en la creación de un computador cuya CPU, irá en la suela de los zapatos con sensores, chip, enrutadores, circuitos integrados, etc., la razón superar las generaciones anteriores y permitir un mayor margen de seguridad.

## 2. Video Teléfonos

Ya existen en los países desarrollados, los celulares están próximos en presentarlos con pantalla, donde se observará a quien atiende la llamada.

## 3. Electrodomésticos

Estarán comunicados entre sí, los de cada residencia a través de un software especial, para que se comuniquen entre ellos; ejemplo la nevera microondas, lavadoras, secadoras, etc., tendrá máximos y mínimos en sus capacidades; para cuando se extralimiten, requieren su actualización.

## 4. Número Telefónico Fijo

Será único, así hayan cambios, viajes, paseos, turs, etc., se tendrá el mismo número siempre. La seguridad es el único limitante en este caso, por rastreo o seguimiento identificando su ubicación.

## 5. Suspensión Teclado del Computador

La multimedia, con su voz, imagen, movimiento, acción, etc., hacen que los teclados no serán necesarios.

## 6. Mejores Dispositivos de Almacenamiento

Los Discos ópticos, MP3 y afines, permiten que el almacenamiento de la información reúna las condiciones deseadas, como son:

- Mayor capacidad de almacenamiento.
- Mejor margen de Seguridad.
- Permite las distintas formas de acceso.
- Menores costos.
- Facilidades en los procesos.

## 7. Máquinas que Razonan

La quinta generación de Hardware próxima a salir, sus CPS estarán dispuestas para que aprendan y razonen, es decir cumplan y ejecuten actividades características del ser Humano; único limitante el desplazamiento del Recurso Humano; es decir mayor desempleo, pero superior tecnología.

## 8. Uso Masivo de la Multimedia

El uso exitoso de esta herramienta en los distintos medios de comunicación, presagian su prestigio y crecimiento en los procesos que se realicen a través del computador.

## 9. Lenguajes Naturales

El Santo Padre en la última Semana Santa, su ceremonia ritual la pronunció en 67 lenguas distintas, Internet facilita el acceso a sus archivos, aproximadamente en 70 distintas lenguas. Lo anterior será fructífero en los sistemas o informática, toda vez que no será necesario hacer las traducciones técnicas.

## 10. Otros Hechos Importantes

Máquinas Humanas, morrales motorizados, redes marcianas, aviones espaciales, cascos mágicos, mascotas sin alma, carros voladores, etc.

## V. VISION SIGLO XXI

Temas como la globalización, más Tecnología, mejor Educación, menos Trabajo, mejores comodidades ambientales, menos teoría y más práctica, mejores servicios de salud, menos guerras, menos pobreza y desempleo, uso de mejores medios de comunicación y otros, se requiere sean superados para poder recibir y emplear adecuadamente, las innovaciones tecnológicas de orden nacional e Internacional, los retos Tecnológicos, Invenciones futuras y otras. Necesitan de una culturización, concientización y capacitación.

## VI. RECOMENDACIONES

Señores catedráticos, Ingenieros y afines de la Asociación Colombiana; las innovaciones tecnológicas descritas anteriormente, requieren de una culturización, concientización, capacitación y de una investigación constante. Siendo necesario para ello, si, el mejoramiento de la calidad de la educación en todos los niveles y una preparación física y psicológica de la implantación próxima de la educación virtual. Requiriéndose generar una fase de culturización de la investigación, empleando los medios y técnicas vigentes del sector estatal y privado, para lo cual tener en cuenta algunos principios elementales teóricos y prácticos; así:

- Aprender a investigar y perseverar en procesos largos y complejos.
- Constante observación, curiosidad, indagación y criterios.
- Dominio del conocimiento sobre áreas de temas específicos.
- Saber convertir principios, conceptos, etc., en algo concreto.
- Si desea conocimiento profundo de un área, recurra a textos, investigaciones, catedráticos, instructores o tutores versados en la materia.
- Para lograr el éxito profesional será indispensable pensar eficazmente y adaptarse al medio y circunstancias, requiriéndose de una actitud positiva y uso de herramientas adecuadas, metodologías, ideas sólidas, que permitan y faciliten la realidad teórica experimental y práctica según las proyecciones de cada tecnología.
- Es necesario asumir esfuerzos con trabajos de investigación, empleando recursos humanos especializados y con experiencia; algunas consideraciones a tener en cuenta:
  1. Evite adquirir recursos en obsolescencia.
  2. Permita y facilite adquirir recursos vigentes
  3. Use adecuadamente los medios necesarios y disponibles.
  4. Capacite al recurso humano de acuerdo a cambios.
  5. No improvise, use la experiencia de cada tema
  6. Proceda con mentalidad joven y emplee tecnologías actuales
  7. Estandarice procesos y use medios compatibles.
  8. Supere el medio ambiente para obtener mejor cantidad y calidad.
  9. Evite la beligerancia y abusos, garantizando mejor seguridad.
  10. Acepte, adopte y opere innovaciones tecnológicas.
  11. Obtener éxito con coherencia, integración, alianzas, funciones y trabajos en grupo
  12. Evite abismo entre pobres y ricos. No sea resistente al cambio.
  13. Para crecer es necesario aprender y explotar el deseo de superación.
  14. El problema es diverso; su solución será de acuerdo a como reaccionemos ante él.

## Bibliografías o Referencias

1. Internet y Correo Electrónico
2. Asociaciones Colombianas de Sistemas (Acis, Accdas,. Accio, Acuc)
3. Página de los Computadores del Tiempo.
4. Página de la Informática del Espectador.
5. Otros Medios de Comunicación.
6. Bibliotecas, Colciencias.
7. Universidades e Instituciones Educativas.
8. Profesionales de Áreas y temas afines.

# **ESTRUCTURACIÓN DE CURRÍCULOS EN INGENIERÍA. UNA EXPERIENCIA ACADÉMICA**

**Alfonso Charum Díaz**  
**Decano Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Administración de Negocios - E.A.N**

## ***RESUMEN***

A partir de la comprensión que el currículo es un conjunto de actividades o experiencias que orientadas por una institución educativa posibilitan el aprendizaje del estudiante, es pertinente hacer una digresión sobre esta temática que condensa tres lustros de experiencia académica en diversos claustros de Ingeniería; las ideas que se presentan no son originales ni exclusivas. Son el producto de largas discusiones sobre la problemática universitaria nacional y, en general, han sido expuestas en diferentes foros nacionales e internacionales. Se recogen situaciones ampliamente diagnosticadas, necesidades sentidas, propuestas semielaboradas y se tematizan sintetizando una primera aproximación a un “querer hacer colectivamente”.

De todas las tareas trascendentales que la Universidad tiene ante sí para enfrentar los nuevos retos que la cambiante sociedad moderna le plantea, sin duda la más definitiva y fundamental es la llamada “Reforma Curricular” de sus distintos programas académicos. Podrán cambiarse los Estatutos, podrán modificarse los Reglamentos, podrá configurarse una estructura orgánica ágil, funcional y eficaz, podrán modernizarse los recursos educativos, pero hasta que planes de estudio, procesos académicos y actividad docente, no rompan esquemas convencionales y se conciban con mentalidad creadora, la Universidad no habrá dado el paso definitivo hacia su modernización y hacia el cumplimiento de la misión que los nuevos tiempos le deparan

Los invitamos pues, a una lectura crítica de las presentes bases para un proyecto académico para las Facultades de Ingeniería.

## ***MARCO CONCEPTUAL***

Una consecuencia de las grandes transformaciones sociales y culturales que ha sufrido la Sociedad Colombiana en los últimos años, ha sido la rápida expansión del sistema educativo. El término “masificación” ha sido empleado para expresar el fenómeno de la ampliación vertiginosa de la cobertura escolar. Nuevos grupos sociales han logrado acceder a la educación media y superior, anteriormente restringidos a ciertos grupos sociales de elite.

La enseñanza de los conocimientos indispensables en cada área de formación, - y lo indispensable está definido en cada época - es tarea que nunca está acabada no solo por cuanto debe estar asegurada como posibilidad - en este caso el acceso de amplios sectores de la población a la Universidad - sino porque debe tener una verdadera realización como preparación para seguir el movimiento de un progreso técnico, científico y social que por definición nunca termina, pues deben separarse continuamente los métodos y las técnicas y prepararse las condiciones para su ejercicio. Comienzan así a hacer irrupción nuevas problemáticas que obligan a desplazar las discusiones hacia la necesaria calidad de la educación ofrecida, y estas discusiones no se restringen a la educación escolar, están presentes, por el contrario, cada vez que se trate de la reforma de la Universidad, tema recurrente que ha sido objeto de grandes debates tanto en los países industrializados como en los menos desarrollados. Quizá es esto un signo de la centralidad de la Universidad en la época contemporánea y del conocimiento de las expectativas que sobre ella recaen.

Es posible, entonces, hablar también de las transformaciones que ha sufrido la Universidad debido a la necesaria integración de los nuevos problemas y de las tensiones suscitadas por las nuevas demandas sociales. Ahora bien, estas transformaciones sólo muy imperfectamente pueden ser captadas desde indicadores exteriores, como por ejemplo los indicadores estadísticos que dan cuenta de las evoluciones cuantitativas y, por el contrario, es preciso intentar calificar los modos en que se dan estas transformaciones, así como precisar su sentido.

Más que constatar la diversificación importa establecer cómo ella se ha dado. La posibilidad de llegar a concretar un núcleo fundamental de saberes en un programa de estudios que sea reconocido por la comunidad científica respectiva como de **calidad**, está determinada por el logro de una fuerte identidad disciplinaria o profesional de los miembros de esa comunidad. En efecto, que una comunidad pueda considerar lo que es el núcleo fundamental que da identidad a sus miembros posibilita igualmente que se pueda determinar lo que deba ser apropiado por un estudiante para que éste llegue a ser considerado un par, miembro de la comunidad. Y esta apropiación tiene que ver con los contenidos y con las normas comunicativas que regulan las relaciones entre los miembros de la comunidad. Dicho en términos menos generales, es la capacidad de concretar en un programa de estudios lo que es considerado en un cierto momento como lo que da un principio de identidad a los miembros de una disciplina o profesión; el conocimiento básico necesario, la adquisición de las reglas que permiten interactuar con los otros miembros de la comunidad, la capacidad para llegar a apropiarse autónomamente del conocimiento disponible y de movilizar los conocimientos adquiridos para aplicarlos competentemente (vinculación de la teoría con la práctica) y de crear una actitud investigativa precedente indispensable para lo que pueda llegar a ser una formación integral de Ingeniería.

La situación anterior; que corresponde a la construcción de una **diferenciación** en el campo de las Ciencias o de las técnicas que da lugar a la aparición de un programa de estudios basado en el compromiso de quienes están interesados en el avance del conocimiento del campo específico, difiere de la **diversificación** anteriormente planteada.

La Facultad de Ingeniería, en consecuencia, para buscar la **calidad** debe establecer plenamente la **diferenciación** de sus programas académicos.

Ahora bien, ¿cómo es posible llegar a adquirir la formación para el conocimiento? *En primera instancia*, una actividad competente en el campo científico y tecnológico presupone un fuerte componente de acercamiento a las Ciencias básicas, lo que implica llegar a la apropiación de los conocimientos que en el mundo científico actual son reconocidos como fundamentales para comprender las diversas teorías que son decisivas para una actividad tecnológica competente y creativa. *En segundo lugar*, el trabajo de formación tendiente a la apropiación de esos conocimientos básicos debe considerar de manera preponderante *la vinculación de la teoría con la práctica* para lograr asumir de manera autónoma, eficiente y eficaz la progresiva cientifización de las profesiones y para adquirir la certeza de que la actitud teórica y la comprensión son los elementos que hacen posible ordenar y transformar la realidad.

La acumulación de conocimientos es, en la época contemporánea, demasiado amplia, incluso si se considera una sola profesión como para pretender que la formación que puede lograrse en un lapso de cuatro o cinco años brinde siquiera un esbozo de ese acervo de conocimiento; a esto se agregan los procesos de modernización que hacen que casi cada día aparezcan, en cada campo específico, nuevos métodos y nuevas técnicas. El reconocimiento de esta ampliación del espectro de saberes posibles ha llevado a la necesidad de delimitar un núcleo fundamental, que permita la permanente apropiación de saberes y la reorganización de la práctica a partir de esa apropiación, y a la exigencia de una reformulación de lo que se ha entendido por una *formación de calidad*. Las características de esa formación de calidad tienen que ver con las relaciones presentes en el trabajo de una comunidad académica. Si el estudiante de cualquier disciplina o profesión se apropia de ese núcleo fundamental de saberes y de las formas de operar al interior de una disciplina o profesión, podrá, de una manera relativamente fácil, reconocer lo que es propio de ella (y lo que no) y lo que se constituye en un avance en el conocimiento y, por lo tanto, le será posible enfrentar la tensión que crea la continua aparición de nuevos saberes y prácticas, reorientando, si es necesario, su propia práctica a partir de ellos; por otro lado, esta nueva concepción de una formación de calidad contempla el conocimiento de que la propia disciplina o profesión no contiene todo el saber indispensable para la exploración, la explicación de ciertos problemas que se presentan en la práctica lo que hace necesario acudir, en el momento preciso, a otros saberes disciplinarios o profesionales sin por ello perder la especificidad del propio campo y más bien enriqueciendo su comprensión del problema y las posibilidades de proponer soluciones.

En contraste con la idea de una formación basada en la apropiación de un núcleo de saberes básicos y de una actitud investigativa frente al que hacer, se presenta, - sobre todo en países con poca tradición en Ciencia y Tecnología - una idea de formación que pone el énfasis en aspectos instrumentistas y procedimentales del saber disciplinario o profesional.

Así, se tiene lo que a la postre se convierte en simple información sin ninguna profundidad; otra característica de este tipo de formación, es una aplicación de los conocimientos adquiridos que se restringe a la puesta en práctica de una serie de técnicas aprendidas (concebidas de manera instrumental); de este tipo de formación resultará, posiblemente, un profesional que se adecue con pocas dificultades a una serie de funciones establecidas de antemano por las necesidades de la industria o de los servicios pero *con pocas posibilidades de reordenar y reorientar su práctica profesional*. La oposición entre estas dos formas de concebir la formación podría esquematizarse como se ve en el siguiente cuadro:

<b>FORMACION-CENTRADA EN PROCEDIMIENTOS</b>	<b>FORMACION CENTRADA EN LA FUNDAMENTACION</b>
Enfasis en la extensión del saber acumulado. - Modernización por extensión	Enfasis en un núcleo fundamental de saberes disciplinarios.
La relación con la práctica está centrada en la aplicación de técnicas racionales de las que no hay vocación a explicitar su fundamento científico. - Relación débil entre teoría y práctica.	Capacidad de reorientar la práctica desde una fundamentación científica de los nuevos saberes y prácticas. - Relación fuerte entre teoría y práctica
Orientación hacia lo instrumental y lo procedimental. -Saber-hacer afianzado en la experiencia.	Generación de capacidad para adaptarse a lo nuevo. - Versatilidad y flexibilidad
Adecuación a funciones preestablecidas en el interior de unidades productivas o de servicios. - Determinación de la práctica por la estructura del mercado	Capacidad de innovación y de creación de condiciones para una práctica cualificada. - Redefinición y reorientación posible de las actividades profesionales.

### **APROPIACION DE LOS CONOCIMIENTOS TECNOLOGICOS EN INGENIERIA**

Dado que la comprensión de los principios que regulan el conocimiento tecnológico permiten establecer orientaciones racionales para su apropiación y para una formación que le sea homogénea e, igualmente, una de las dificultades para la comprensión del lugar que ocupa la **Ciencia y la Tecnología** en el campo de lo político, lo social, lo cultural y lo económico tiene que ver con la poca precisión con que aquellos términos y los que de ellos se derivan se usan por parte de quienes tienen que establecer las políticas, es conveniente hacer una digresión sobre este tema de importancia capital para la Universidad.

El uso de los términos "**Técnica y Tecnología**" se han difundido en muchos ámbitos y ya no es extraño encontrarlos en las conversaciones de quienes en su actividad cotidiana tienen sólo una relación lejana con ellos; las referencias a la técnica y la Tecnología son recurrentes en los discursos políticos que tienen que ver con el desarrollo económico, con la lucha contra el desempleo, con las posibilidades de crear mejores condiciones de vida para los asociados. En efecto, parece ya de común aceptación que el acceso a la modernización de las diferentes esferas de la vida social tiene como condición necesaria la integración de los resultados y la apropiación de los principios de la **Ciencia y la Tecnología**. Asombra, sin embargo, la poca precisión que aporta el uso corriente de esos términos para la comprensión de las diferentes formas de la actividad que el hombre puede tener frente a la naturaleza, para establecer las implicaciones que cada uno de ellas (**técnica y Tecnología**) tiene en la formación de las capacidades de los individuos y, lo que es más importante para los propósitos de una Capacidad Científica Nacional, para ubicar las necesidades y las posibilidades para llegar a responder a los retos que impone una acción voluntaria y organizada del Estado en esa integración y apropiación de la Ciencia y la Tecnología.

La palabra **Técnica** procede etimológicamente de "**techné**", lo que a su vez encuentra un antecedente en el sustantivo "**tekton**" que para Homero designa el artesano, al maestro de obra, al productor, al autor. Aristóteles contribuirá a precisar el concepto: aptitud (capacidad adquirida devenida

permanente) para captar discursivamente, es decir, exigiendo un fundamento explícito o explicitable y mediante razonamiento, la verdad en la producción. Pero además para Aristóteles todo saber debe poder ser enseñado a los otros por parte de quien lo posee. En ese sentido, la traducción latina de “*techné*” por *ars* de donde proviene “arte”, “artesano” no corresponde a todas las connotaciones que la palabra original tiene.

Así, en esta forma, Tecnología puede, entonces, ser definida como la reflexión sobre las técnicas, lo que lleva a que ella comprende la descripción, la historia, la filosofía de las técnicas; la fundamentación, la conceptualización y la formalización de las actividades técnicas.

En lo que respecta al conocimiento que está implicado en la técnica y la Tecnología, podemos decir que para la primera se trata de un saber-hacer (*know-how*) en donde la orientación de la actividad está determinada por la experiencia previa acumulada y que, en la mayoría de los casos, no puede ser comunicada en forma oral o escrita, en tanto que en el caso de la Tecnología hay una vocación por buscar reflexivamente la fundamentación de la actividad que lleva a que se realice o se construya el producto permitiendo entonces una exposición de los recursos de la actividad en forma discursiva; fundamentación que pasa por la construcción de teorías en las que hay una representación de los objetos de la naturaleza que los hace disponibles<sup>(1)</sup> y en muchos casos por una matematización de los mismos; para ello requiere de la experimentación y del uso y construcción de lenguajes, de metalenguajes altamente estructurados y por permanentes importaciones de conocimientos que provienen de múltiples disciplinas y profesiones; de aquí se deduce que la formación en el conocimiento tecnológico no es posible conseguirlo en la relación directa e inmediata con los objetos.

Esta observación es pertinente por cuanto hay una tendencia a considerar que una Tecnología es más bien un objeto, una máquina, una fábrica, un procedimiento. Esta tendencia a volver factual la Tecnología - que encuentra su justificación cuando se le hace provenir de la palabra inglesa “*technology*”-, a convertirla en un objeto que puede ser poseído, intercambiado, negociado, utilizado para la producción elimina así, o por lo menos no pone de relieve, el momento reflexivo y restringe entonces su dominio a la posesión y al uso.

A partir de las consideraciones anteriores es posible comprender que la formación para la apropiación de los conocimientos tecnológicos y la generación de resultados tiene múltiples exigencias que en forma esquemática pueden enunciarse así:

La necesidad de una exigente formación en Ciencias Básicas, para lo cual

1. La formación debe considerar como preponderante la vinculación entre la teoría y la práctica. La afirmación, frecuentemente escuchada en los medios empresariales, industriales y de servicios, de que los egresados de las Universidades son demasiados “teóricos” puede corresponder más bien a una segmentación de los conocimientos por que la formación teórica está desvinculada de la formación práctica. O que no haya habido un énfasis en los trabajos prácticos y el énfasis en la teoría esconda una incapacidad para enfrentarlos. Bien al contrario la formación profesional debe considerar la creciente cientifización de las profesiones y afirmar, en consecuencia, la

---

<sup>(1)</sup> Mockus Antanas; “Representar y Disponer”, Universidad Nacional, Bogotá, de 1988

- actitud teórica y la comprensión de que es a partir de ella como es posible ordenar y transformar la realidad.
2. Se debe hacer énfasis en los procesos de apropiación del conocimiento tecnológico y en la preparación para una actividad de reproducción y de adecuación de los objetos tecnológicos, como un primer paso para la conformación de una nueva, activa y creativa relación con el conocimiento tecnológico y sus potencialidades creativas.
  3. Se deben considerar los procesos colectivos de la apropiación del conocimiento tecnológico.
  4. Se debe hacer una progresiva construcción de una infraestructura que permita comenzar a tener y a intensificar una estrecha vinculación con las formas de actividad en el campo tecnológico, que tienen que ver con las actividades prácticas competentes en las unidades de producción y de servicios.

La Universidad debe trascender los criterios de calidad que usan los empleadores: un profesional puede ser considerado de buena calidad si se adapta sin demasiadas dificultades a las necesidades de una empresa o un servicio, donde más bien lo operatorio es lo preponderante. En todo Plan de Desarrollo para la Universidad y la Facultad de Ingeniería, los criterios de calidad deben estar referidos a una formación competente que permita utilizar autónoma y creativamente los conocimientos; para ello debe crearse una infraestructura que no puede reducirse a una información sobre el estado del conocimiento tecnológico, a la adquisición de equipos para llevar a cabo ciertas prácticas, a la transmisión de conocimientos por parte de profesores cuya relación con la enseñanza se reduzca a la que se tiene en la hora de clase, a ingenieros que detenten el conocimiento teórico y establezcan a los otros grupos de la producción, a las reglas que se deben seguir en los procesos de trabajo ó a la compra de nuevos equipos considerados como cajas negras y seleccionadas en función de la utilidad inmediata.

La presencia de *Grupos de Investigación* a la que se vinculen los estudiantes de varios niveles, la acumulación de información estructurada y el acceso a redes de comunicación y a bases de datos, el incremento de relaciones de comunicación entre los que operan en los mismos o en análogos campos, la confrontación permanente para encontrar la pertinencia de lo que se estudia, se investiga, se compra, se proyecta y se realiza, **son condiciones necesarias** para que se pueda esperar el despegue de un desarrollo económico que encuentre en el conocimiento tecnológico uno de sus puntales como alternativa estratégica para el desarrollo de nuestro país.

## ***ASPECTOS A DESTACAR PARA EL DISEÑO DE UN CURRÍCULO EN INGENIERÍA***

### ***Mesura, Sensatez, Racionalidad***

En un programa de pregrado no se agota la Educación Superior sino que, por el contrario, apenas se proporcionan las bases de formación necesarias para emprender posteriormente, estudios especializados o actividades laborales creativas e innovadoras. La formación de aptitudes y actitudes ha de ser el objetivo primordial de esta primera fase de la Educación Superior para que el egresado de la Universidad sea capaz de adaptarse a un medio cada día nuevo y a la acelerada explosión del conocimiento. El currículo de un programa de pregrado debe diseñarse entonces, con la sensatez necesaria para encontrar en el vasto mundo de los conocimientos especializados, lo que es auténticamente fundamental. Ha de evitarse la saturación de asignaturas y la congestión de actividades, dado que ***la Educación Superior es un proceso de formación que tiene inicio pero***

*que no culmina, pues dura toda la vida.* El deseo de querer abarcarlo todo es insensato y desvía el currículo de lo esencial y básico; en consecuencia, es preciso hallar la medida racional o justa dosis, propia del nivel de pregrado en un proceso de formación permanente.

### ***Pertinencia y Visión***

Un currículo se diseña pensando en los conocimientos requeridos, no para ejercer aquí y ahora un empleo determinado, sino para tener la capacidad de responder a los retos que nos deparan el mañana y el desarrollo del País. Es necesario poner los ojos en una visión futurista e imaginar y crear el plan de estudios pertinente para alcanzarla. Mas, el sentido común, el contexto social y regional, el conocimiento de los problemas del país y del mundo, la realidad histórica, deberán ser la base de tal visión y el horizonte donde se legitime la pertinencia o no del currículo. Todos los aspectos que anteriormente mencionamos como propios del mundo actual y futuro, deben inspirar y jalonar la concepción de los nuevos planes de estudio. En consecuencia, la calidad de los nuevos currículos sólo podrá ser acreditada por esa sociedad que nos dirá mañana si ese profesional nuevo sí aprendió a aprender, a pensar, a crear, a emprender, a hacer, a comunicarse, a liderar, a servir, a convivir, a arriesgarse, a comprometerse. En otras palabras, si es una persona que además de obtener una excelente formación profesional con visión global del saber, se formó en valores éticos, sociales, políticos y culturales.

### ***Integridad***

Los nuevos currículos deben conformarse con asignaturas, prácticas y metodologías que apunten al desarrollo de todas las potencialidades del ser humano y que posibiliten el acceso a los distintos campos del conocimiento para propiciar una visión global del saber y una mente abierta al cambio. Deben formar integralmente al hombre como individuo y como ser social partícipe de una cultura en proceso constante de conservación y renovación de conocimientos y de valores. Cada asignatura ha de dirigirse al hombre concebido como un ser armónico que junto con la inteligencia ha de desarrollar la sensibilidad; que piensa y además sueña e imagina; que recuerda, desea, actúa, se comunica, se relaciona. Un individuo con derecho a las emociones, al asombro y a la magia, tanto como a la racionalidad. He aquí el primer aspecto de la integralidad y deberá ser propósito común de todas las asignaturas por igual. El segundo tópico a contemplar en el concepto de integralidad es el disciplinar. El currículo debe convocar los diferentes campos del saber para que pueda posibilitar al estudiante un entorno cultural nuevo, nutrido con elementos de tipo económico, social, político, artístico, ético, etc. Sólo la multidisciplinariedad abre la visión del mundo y nos permite resolver creativa y globalmente los diferentes problemas que debe enfrentar el futuro profesional.

### ***Multiplicidad de énfasis***

El currículo debe determinar un área de formación profesional fundamental que garantice la idoneidad disciplinaria de los egresados. Las asignaturas que se consideren indispensables para fundamentar, orientar y capacitar en los contenidos cognoscitivos propios y esenciales de la profesión, tendrán carácter obligatorio. Pero existirán también en los planes de estudio áreas electivas que permitan a los estudiantes optar por un determinado énfasis profesional o por un enriquecimiento de su formación integral. Con esta estructura abierta a la participación del estudiante en la construcción de su plan de estudios, todo el sistema se enriquece; ganan los alumnos que pueden realizarse mejor optando por lo que más les gusta; gana la Institución que sin duda, logrará

más fácilmente la excelencia académica, y gana la sociedad que recibe profesionales diferentes con especificidades múltiples y perfiles novedosos.

### ***Equilibrio y Armonía***

Los campos del conocimiento que han de estar presentes en el plan de estudios para hacerlo integral deben concebirse armónica y esencialmente, es decir, que ninguna de las asignaturas será secundaria y accesorio, y todas se articularán apuntando hacia el mismo objetivo: ***la formación del profesional concebido en la misión de la Universidad***. Igual que en un sistema todas las partes importan y se requieren, en un buen currículo todos los elementos tienen valor desde la necesidad de equilibrar la unidad o integralidad de ese ser profesional que se ambiciona formar.

### ***Flexibilidad***

Si la Universidad se enmarca en un contexto aceleradamente cambiante, los planes de estudio se han de diseñar con la versatilidad y moldeabilidad suficientes para mantenerse vigentes. Mediante un proceso de evaluación permanente de su calidad y pertinencia, semestre tras semestre, las áreas se ajustarán y los programas se adecuarán a nuevas exigencias. Nada distinto al ideal o a los objetivos de alcanzar la misión de la Universidad será permanente. Composición de las áreas, contenidos, metodologías, énfasis, combinaciones e ***interdisciplinariedad***, cambiarán tan dinámicamente como lo requiera el tipo de estudiantado que ingrese a la Institución, las necesidades del medio y el avance del conocimiento. Mas, esta respuesta natural al dinamismo de todo ser o comunidad, es extensible también a la estructura del currículo. La inflexibilidad, a veces irracional, que generan los prerrequisitos y correquisitos, o la inmovilidad de los niveles o semestres, deben desaparecer. Los estudiantes deben tener la libertad de avanzar al ritmo de sus capacidades, disponibilidad o deseos, con la responsabilidad que esta autonomía implica y con la sensatez suficiente para respetar la secuencialidad de las áreas. Así, en virtud de la flexibilidad se liberarán los planes de estudios de obstáculos formales pero los profesores, coordinadores y estudiantes se obligarán a pensar, comprender y asumir responsablemente, la lógica del proceso formativo.

### ***Secuencialidad***

Una lógica interna debe guiar el diseño de las áreas. En línea ascendente deben sucederse los diferentes niveles de formación, conforme a su complejidad y grado de fundamentación o complementariedad. Será tarea de las coordinaciones de área, velar porque esta lógica secuencial no se rompa y garantizar que entre niveles de formación no existan repeticiones, vacíos e inconsistencias.

### ***Interdisciplinariedad.***

La lógica horizontal a tener en cuenta en un currículo integral no es otra que la visión interdisciplinaria con que debe abordarse cada tema, problema o nivel de formación. Desde los estudios básicos del currículo hasta el último nivel de formación profesional, cada semestre debe diseñarse cuidando de que esté presente la interdisciplinariedad, tanto en la combinación de asignaturas como en el tratamiento de contenidos y metodologías. Debe ser tarea de los Coordinadores de Programa velar porque en la totalidad del plan de estudios, la interdisciplinariedad se posibilite semestre tras semestre, y cuidar que los profesores de las distintas áreas o asignaturas presentes en un nivel, trabajen coordinada y armónicamente.

# UN MODELO INTEGRAL PARA UN PROFESIONAL EN INGENIERÍA

**Carlos Enrique Serrano Castaño**  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Universidad del Cauca

## RESUMEN

El trabajo realizado define los aspectos esenciales de un modelo integral para un profesional en ingeniería, el cual se propone como referencia para hacer viable el establecimiento de procesos sistemáticos de mejoramiento de la calidad de programas de formación en ingeniería en nuestro país a través de una efectiva orientación hacia la conformación masiva de equipos de gestores de bienestar. Este modelo ubica a la investigación como el eje central del quehacer universitario y establece como compromiso institucional esencial - para cualquier programa de formación de profesionales en ingeniería - la búsqueda del mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad a través de la construcción de un proyecto de vida regional.

El elemento articulador de este trabajo lo constituye una aproximación metodológica integral para construcción de soluciones en ingeniería elaborada, ejercitada y en proceso de mejoramiento continuo por el Grupo en Ingeniería Telemática de la Universidad del Cauca.

## 1.- INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta como estrategia fundamental para el mejoramiento de la calidad de los programas de formación en Ingeniería un modelo integral para un profesional pertinente y competente conformado por los cinco modelos siguientes:

1. Modelo para Investigación Documental
2. Modelo para Construcción de Soluciones
3. Modelo para una Investigación Científica
4. Modelo para un Profesional Universitario
5. Modelo para un Proceso Formativo

Constituye un trabajo de integración de diferentes procesos que se han venido desarrollando en el país, orientados a buscar caminos que permitan hacer de la ingeniería y del trabajo universitario efectivamente un motor esencial para el desarrollo social y tecnológico de toda nuestra nación.

El modelo propuesto ha incorporado convenientemente elementos integrantes de dos trabajos en los cuales ha participado su autor [1] [2] y la experiencia adquirida en los dos últimos años como Coordinador del Proceso de Acreditación de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Su antecedente inmediato lo constituye la ponencia presentada en el Coloquio Internacional sobre Currículo [3] y representa una evolución del trabajo presentado en 1999 en la XIX Reunión Nacional de la Asociación de Facultades de Ingeniería [4].

## 2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MODELO

Un profesional universitario debe ser una persona comprometida a mejorar la calidad de vida de su comunidad, decidido a dar lo mejor de sí mismo para contribuir al bienestar individual y colectivo, y sobre todo con un firme convencimiento de que debe buscar un camino que le permita de manera sistemática desarrollar todo su potencial. Cualquier profesional en Ingeniería debe constituirse en un arquitecto social y para esto se requiere que comprenda su responsabilidad fundamental de ejercer seriamente su profesión, lo cual implica que debe asumir su compromiso con hacer de la Ingeniería el motor del desarrollo social y tecnológico de nuestro país.

El ser humano está dotado de una enorme potencialidad, constituye una obra maestra de la naturaleza o desde una perspectiva religiosa “fue creado a imagen y semejanza de Dios”. La versión 1.0 del Modelo Integral para un Profesional en Ingeniería que se presenta en este documento busca servir como medio común de entendimiento a todo colectivo que pretenda razonar sobre los aspectos esenciales de cualquier proceso de formación de profesionales en Ingeniería que aspire a crear las condiciones adecuadas para que cualquier profesional universitario se convierta en “ese alguien que debe ser” según su esencia y para que haga uso de la libertad que tiene de desarrollar toda la potencialidad con la cual ha sido dotado. Este modelo cuyos componentes se muestran en la Figura No. 1, representa el resultado de un esfuerzo orientado a armonizar e integrar los aportes de varios autores importantes en esta otra disciplina conocida como “Metodología de la Investigación” con el trabajo que hemos venido realizando al interior del Grupo en Ingeniería Telemática en relación con la generación de referencias metodológicas que propicien mejores ambientes para el trabajo universitario.

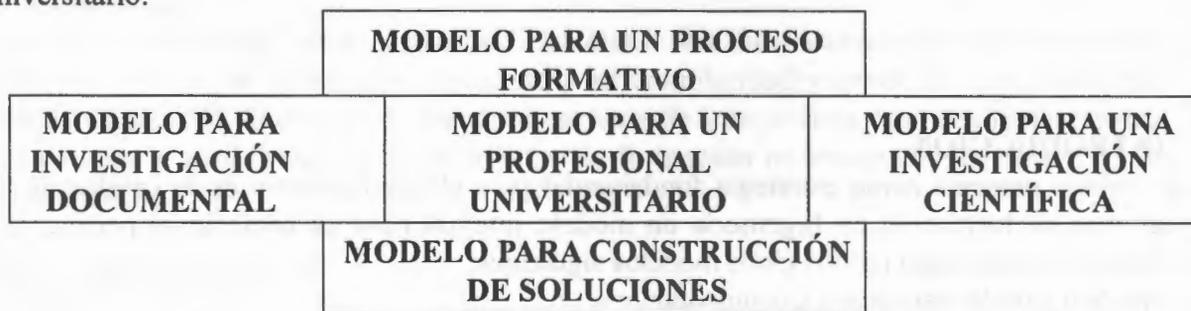


Figura No. 1.- Componentes de un Modelo Integral para un Profesional en Ingeniería

La construcción del estado del arte es una actividad científico-tecnológica cuyo propósito es identificar y asimilar el cuerpo sustancial de conocimiento teórico y científico relevante que existe en un área temática determinada (o en el tema central seleccionado). El resultado esencial de la construcción del estado del arte es un conjunto de fichas que pueden ser útiles en la definición del objeto de investigación, en la elaboración del marco teórico de un proyecto de investigación y como base conceptual de un proyecto de desarrollo tecnológico. La Tabla No. 1 presenta los aspectos

más importantes relacionados con la versión 1.0 de un Modelo para Investigación Documental [5], el cual puede ser una herramienta útil para todos aquellos que deseen abordar - desde una perspectiva científica – la construcción de una visión global del estado del conocimiento en un área temática determinada.

<b>7 CONCEPTOS FUNDAMENTALES</b>	<b>5 FASES DE REFERENCIA</b>
Ciencia, Ingeniería, Proyecto, Sistema, Tecnología, Investigación, Proceso de Investigación y Desarrollo	Preparación, Descripción, Interpretación por Núcleos Temáticos, Construcción Teórica Global, Extensión y Publicación
<b>25 INDICADORES AGRUPADOS EN 8 FACTORES</b>	
<b>Factores:</b> Aspectos Formales, Asunto Investigado, Delimitación Contextual, Propósito, Enfoque, Metodología, Resultados, Observaciones	
<b>7 Indicadores Esenciales:</b> Problema, Objetivo General, Objetivos Específicos, Tesis, Hipótesis, Conclusiones, Recomendaciones	

**Tabla No. 1.- Componentes del Modelo para Investigación Documental – Versión 1.0**

La Tabla No. 2 presenta los aspectos fundamentales de la versión 1.0 de un Modelo para Construcción de Soluciones [6] que ha sido concebido como referencia metodológica esencial para cualquier proyecto cuyo propósito sea construir una solución de calidad, oportuna y con costos competitivos y sobretodo que pretenda contribuir a la creación y enriquecimiento de la base de conocimiento/experiencia institucional. Constituye un medio común de entendimiento entre los integrantes del equipo humano de un proyecto cuyo fin es permitirles razonar sobre los aspectos vitales relacionados con el proceso de construcción de una solución. Este modelo pretende servir de infraestructura metodológica para generar procesos sistemáticos de mejoramiento de la calidad de los procesos de desarrollo que se lleven a cabo en una organización con el propósito esencial de mejorar la capacidad competitiva de los integrantes del equipo humano de los proyectos.

<b>MODELO DEL PROCESO DE DESARROLLO</b>	<b>MODELO DE ORGANIZACIÓN DEL TALENTO</b>
<b>3 Características Esenciales:</b> Iterativo e Incremental, Manejado por Riesgos, Guiado por Casos de Uso	7 Características de un Equipo de Trabajo
<b>4 Fases de Referencia:</b> Estudio de Prefactibilidad, Formulación del Proyecto, Ejecución del Proyecto, Validación de la Solución	Establecimiento de Responsabilidades (Equipo de Gestión y Equipo de Desarrollo)
	Relaciones Horizontales y Verticales (Círculos de Comentario, Líder, Auditor)
<b>ESTRUCTURA DE REFERENCIA PARA DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA</b>	
<b>Modelo para Establecimiento de Responsabilidades.-</b> Componentes esenciales: Modelo de Casos de Uso, Arquitectura de Referencia, Plan del Proyecto	
<b>Modelo para Descripción del Sistema.-</b> Componente esencial: Modelo del Diseño del Sistema/Solución	
<b>Modelo de Implementación del Sistema.-</b> Componente esencial: Prototipo Operacional de la Solución	

**Tabla No. 2.- Componentes del Modelo para Construcción de Soluciones – Versión 1.0**

La Tabla No. 3 presenta la estructura de la versión 1.0 de un Modelo para una Investigación Científica [7], el cual ha sido concebido como referencia metodológica esencial para cualquier colectivo universitario que desee generar nuevo conocimiento socialmente no existente y útil para el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad contribuyendo al bienestar individual y colectivo. Su propósito es constituirse en un medio común de entendimiento entre los integrantes del equipo humano de un proyecto de investigación que les permita razonar sobre los aspectos vitales relacionados con el proceso de generación de nuevo conocimiento para satisfacer las necesidades básicas sociales (salud, educación, trabajo, recreación).

<b>CONCEPTOS FUNDAMENTALES</b>	<b>FASES DE UN PROCESO</b>
<input type="checkbox"/> Investigación, Ciencia y Sociedad <input type="checkbox"/> Tipos de Investigación <input type="checkbox"/> Características de un Método Científico <input type="checkbox"/> Principios de una Investigación Científica	1. Definición del Objeto de Investigación 2. Formulación de una Propuesta de Investigación 3. Ejecución de la Investigación 4. Síntesis de la Investigación
<b>UN CONTEXTO PARA LA INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA</b>	
<input checked="" type="radio"/> El Papel de la Investigación Universitaria <input checked="" type="radio"/> Establecimiento de una Cultura de la Investigación <input checked="" type="radio"/> Formación de un Investigador	

**Tabla No. 3.- Componentes del Modelo para una Investigación Científica – Versión 1.0**

La Tabla No. 4 presenta los aspectos esenciales de la versión 1.0 de un Modelo para un Profesional Universitario [8]. Éste ha sido concebido como una referencia esencial para cualquier ser humano que desee adquirir nuevo conocimiento que sea útil para mejorar su calidad de vida y contribuir efectivamente al bienestar individual y colectivo. Al definirlo como un modelo se está indicando que su fin es permitir razonar sobre los aspectos vitales relacionados con el proceso de evolución de una persona que ha tomado la decisión de buscar sistemática y sistemáticamente la excelencia en su quehacer. Representa un esfuerzo por armonizar e integrar los aportes de varios autores, incorporando la experiencia adquirida como resultado del compromiso asumido - hace ya 32 años - de cultivar adecuadamente esta otra “disciplina” conocida como “Desarrollo Personal”.

<b>CARACTERÍSTICAS DE UN GESTOR DE BIENESTAR</b>	<b>PRINCIPIOS PARA EL RENACIMIENTO DE UN UNIVERSITARIO</b>
Visión de Futuro, Autonomía, Sentido de Propósito, Compromiso, Disposición a Contribuir	Curiosidad, Incertidumbre, Demostración, Asociación, Integralidad
<b>UN CAMINO PARA LA BÚSQUEDA DE LA EXCELENCIA</b>	
Mejor conocimiento de usted mismo, Mejor administración de toda su potencialidad, Su evolución integral como ser humano	

**Tabla No. 4.- Componentes del Modelo para un Profesional Universitario – Versión 1.0**

La Tabla No. 5 presenta la estructura de la versión 1.0 de un Modelo para un Proceso Formativo [9]. Este modelo ha sido concebido como una referencia esencial para cualquier Programa

Académico de Educación Superior que desee formar profesionales de alta calidad, es decir, individuos competentes, comprometidos con la búsqueda de la excelencia y dispuestos a encontrar formas de contribuir significativamente al mejoramiento de la calidad de vida de su comunidad y al desarrollo social y tecnológico del país. Su propósito es servir como un medio que permita razonar sobre los aspectos vitales relacionados con el mejoramiento sistemático de un proceso de formación de profesionales universitarios. Representa un esfuerzo por armonizar el Modelo establecido por el Sistema Nacional de Acreditación con la experiencia adquirida como resultado del compromiso personal asumido hace ya 40 años de buscar ser un excelente aprendiz para poder aspirar a ser un buen maestro.

CRITERIOS DE SOPORTE	CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Transparencia</li> <li>2. Integridad</li> <li>3. Eficacia</li> <li>4. Eficiencia</li> <li>5. Universalidad</li> <li>6. Responsabilidad</li> <li>7. Pertinencia</li> <li>8. Equidad</li> <li>9. Idoneidad</li> <li>10. Coherencia</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Misión adecuadamente formulada y de dominio público</li> <li>2. Cantidad y Calidad del Profesorado</li> <li>3. Dedicación del Profesorado a la Docencia</li> <li>4. Calidad del Núcleo de Investigadores</li> <li>5. Calidad de la Formación en la Disciplina/Profesión</li> <li>6. Impacto de la Investigación en la Actualización Curricular</li> <li>7. Cantidad y Calidad del Recurso Bibliográfico</li> <li>8. Cantidad y Calidad del Recurso Técnico</li> <li>9. Influencia del Programa sobre el Entorno</li> <li>10. Reconocimiento a la Calidad de los Graduados</li> </ol>
<b>ESTRATEGIA DE FORMACIÓN</b>	
 Perfil del Graduado  Requerimientos para el Ambiente de Aprendizaje  Estructura de Referencia para el Plan Curricular	

**Tabla No. 5.- Componentes del Modelo para un Proceso Formativo – Versión 1.0**

### 3.- OBSERVACIONES FINALES

La investigación - como eje fundamental del trabajo universitario - debe ser considerada como el instrumento imprescindible para construir un diálogo incesante con la sociedad y hacer posible el logro del propósito esencial que todo programa académico universitario debería tener: “Hacer realidad una verdadera integración de la comunidad académica con la sociedad, una estrecha relación con la industria y una total comprensión del territorio (entorno local, regional y nacional) con el fin de contribuir significativamente al mejoramiento de la calidad de vida y a la búsqueda de la felicidad individual y colectiva”.

Es necesario superar el modelo curricular vigente basado en la transferencia de información (copia, asimilación, difusión, desagregación, aplicación y adaptación de conocimientos científico-técnicos) y avanzar hacia el logro de un currículo integrado y autoproductivo que cambie fundamentalmente la relación del sujeto con el conocimiento y permita crear un ambiente propicio para la generación de nuevo conocimiento social. Por lo tanto es imprescindible una gran transformación en el aula de clase. Esta transformación incluye la renovación de la estrategia docente; el rescate del liderazgo

profesoral en el saber y en el avivamiento del proceso social educativo; y la búsqueda de otras opciones educacionales acordes al avance de la humanidad.

La calidad del profesional resultante de un Programa Académico en Ingeniería depende fundamentalmente de sus profesores, éstos constituyen el recurso humano más importante sobre el cual se basa la formación del Ingeniero. Los docentes deben constituirse en constructores de ambientes de aprendizaje adecuados y líderes del mejoramiento de estos ambientes. El docente debe ser para el estudiante un guía, orientador y provocador hacia la ciencia y el conocimiento.

Sólo si la docencia y la proyección social giran alrededor de la investigación será posible tener en el Programa una investigación fuerte, permanente y colectiva, y se podrá formar un profesional reflexivo, capaz de conservarse vigente, orientado vocacionalmente hacia el avance del conocimiento, comprometido con la solución de los problemas de las comunidades y con elementos teóricos y metodológicos que le permitan obtener una visión prospectiva útil para proponer acciones y soluciones en la realidad futura.

Por ser la Ingeniería uno de los principales motores del desarrollo del país y por su capacidad de dar mayor valor agregado a los productos y servicios debido a su estrecha relación con la ciencia y con los avances tecnológicos, es vital que un Programa Académico en Ingeniería incluya como un objeto fundamental de análisis/estudio a la Industria Nacional respectiva, con el fin de contribuir eficazmente a su consolidación y por lo tanto a un desarrollo económico y social sostenible del país.

## REFERENCIAS

- [1]: Comisión de Acreditación. F.I.E.T. - Articulación de la Docencia, la Investigación y la Extensión. Marco de Referencia. Universidad del Cauca – Octubre de 1998 - Popayán.
- [2]: Vicerrectoría Académica. Comité de Currículo – Propuesta de Estructura Curricular en Pregrado. Documento de Trabajo – Universidad del Cauca – Febrero de 2000 – Popayán.
- [3]: Carlos E. Serrano C. – Articulación de la Docencia, la Investigación y la Proyección Social. Una estrategia integral – Coloquio Internacional sobre Currículo “Propuestas para armar la educación del nuevo siglo” – Diciembre de 2000 – Popayán.
- [4]: Carlos E. Serrano C. – Mejoramiento de la Calidad de los Programas de Formación de Profesionales en Ingeniería. Una Aproximación – XIX Reunión Nacional de la Asociación de Facultades de Ingeniería “Ingeniería, Calidad y Desarrollo” – Agosto de 1999 – Cartagena de Indias.
- [5]: Carlos E. Serrano C. – Construcción del Estado del Arte – Universidad del Cauca – Abril de 2001 – Popayán.
- [6]: Carlos E. Serrano C. – Modelo para Construcción de Soluciones. Versión 1.0 – Universidad del Cauca – Mayo de 2001 – Popayán.
- [7]: Carlos E. Serrano C. – Modelo para una Investigación Científica. Versión 1.0 – Universidad del Cauca – Mayo de 2001 – Popayán.
- [8]: Carlos E. Serrano C. – Modelo para un Profesional Universitario. Versión 1.0 – Universidad del Cauca – Junio de 2001 – Popayán.
- [9]: Carlos E. Serrano C. – Modelo para un Proceso Formativo. Versión 1.0 – Universidad del Cauca – Junio de 2001 – Popayán.

# EL PAPEL DE LA MUJER EN EL FUTURO DE LA INGENIERÍA

Beatriz Amparo Wills Betancur, [Bwills@udea.edu.co](mailto:Bwills@udea.edu.co)  
Asdrubal Valencia Giraldo, [Avalen@udea.edu.co](mailto:Avalen@udea.edu.co)  
Profesores Facultad de Ingeniería  
Universidad de Antioquia

## Resumen:

Con insistencia se dice que el siglo XXI es el siglo de las mujeres. De otro lado, se sabe que el futuro está signado por la tecnología, pues sin ella habría una regresión catastrófica y con la tecnología mal usada se estaría cavando una megafosa para el planeta. Sólo la aplicación juiciosa de aquella puede asegurar la supervivencia de la humanidad. Dado que la ingeniería es la gran mediadora de la tecnología, ¿qué papel deberían jugar las mujeres en la ingeniería? Se analizan las causas por las cuales no hay suficientes mujeres en esta profesión y cómo podría incrementarse ese número. Partiendo de la necesidad de incorporar a las mujeres surge la cuestión: ¿La sensibilidad y la magia de las mujeres cómo contribuirá a darle otro talante a la ingeniería y por tanto a la tecnología? En una mirada prospectiva se trata de responder la pregunta.

## POCAS MUJERES EN LA INGENIERÍA

De acuerdo con investigaciones realizadas por la UNESCO, el acceso de las mujeres a las carreras científicas y técnicas y en general a la cultura científica es insuficiente. mundialmente no llega a 30%. En los puestos de importancia nacional o internacional no representan más del 5-10% de la población científica<sup>1</sup>. En Europa la conciencia de esta situación y los movimientos para remediarlo se incrementaron con un estudio hecho en Suecia, en 1996<sup>2</sup>. Investigaciones posteriores mostraron, por ejemplo, que en el Reino Unido la proporción de mujeres al nivel de posgrado es menor que en pregrado y continúa declinando a medida que se progresa en los rangos profesionales. A este nivel final apenas 3 - 4% de los profesores de cualquier rama de la Ciencia, la Ingeniería y la Técnica son mujeres, una cifra confirmada por datos similares en otros países. Las mujeres en The Royal Academy of Engineering son menos de 10%.

Situaciones similares se tienen en Japón<sup>3</sup>, aunque en China las mujeres son el 35% de los ingenieros<sup>4</sup>. En otros países del tercer mundo la situación no cambia, por ejemplo, en Egipto las mujeres comprenden cerca del 45% de la población universitaria, pero sólo son el 15% de los estudiantes de ingeniería. Este porcentaje no se incrementó en los pasados 25 años, al contrario el número total está bajando<sup>5</sup>.

No hay duda de que se han hecho progresos significativos en la integración de las mujeres en los campos de la ciencia y la ingeniería. Esto es cierto en la academia y en el trabajo. De acuerdo con la Engineering Workforce Commission of the American Association of Engineering Societies, en Estados Unidos el porcentaje de mujeres con Ph.D.s en ingeniería aumentó de 0.4 % en 1970 a 12.2 % en 1997. Pero, aunque tales crecimientos son impresionantes, en el caso de las ingenieras, esto es un aumento del 3000% en apenas 30 años, en el total, los números todavía son bajos<sup>6</sup>.

En Colombia, las mujeres han estado presentes en algunas ramas de la ingeniería apenas desde el decenio de 1940. Se afirma que Soni Jiménez de Tejada, Tirsa Abella de Del Castillo y Guillermina Uribe fueron las primeras colombianas que obtuvieron el título de ingenieras<sup>7</sup>. En la Universidad de Antioquia la primera ingeniera se graduó en 1947 y la presencia femenina en la Facultad de Ingeniería ha ido incrementando, sin embargo no llega todavía al 30% a pesar de que, en general, en la Universidad el porcentaje de mujeres es del 53%<sup>8</sup>.

### **¿POR QUÉ TAN POCAS MUJERES EN LA INGENIERÍA?**

Durante siglos, las mujeres estuvieron entre las gentes excluidas de la educación superior, hecho universal en la historia y las culturas. Apenas en los últimos 50 años se ha permitido y estimulado a las mujeres para que entren a las universidades y otras instituciones de educación superior en números elevados<sup>9</sup>. En ingeniería no hay suficientes mujeres por varias razones, una: que en realidad no hay suficientes ingenieros porque los medios, la televisión, transmiten una imagen del ingeniero que contrasta con la imagen de figuras que los adolescentes consideran héroes, no ven glamour ni beneficio social inmediato en la ingeniería "real". Además del temor que despiertan las matemáticas y las ciencias en la secundaria, por culpa de una pedagogía inadecuada y unos hábitos culturales arraigados. Esto es más acentuado en las mujeres por los siglos de sexismo, que es tal vez la principal razón de su alejamiento de la ingeniería. Otro problema grave es que las empresas consideran a las mujeres como pobres inversiones de entrenamiento debido a su función de reproducción y obligaciones familiares. El peso del trabajo es intenso, y esos son duros balances que las mujeres deben hacer. Sin embargo, esto es verdad para muchas carreras en las cuales las mujeres son mayoría.

Respecto al problema del género, debe recordarse que su identidad no está fija en el nacimiento; factores fisiológicos y sociales contribuyen al temprano establecimiento de una identidad primaria que es modificada y expandida por factores sociales cuando los niños maduran. Por esta razón debe partirse de la premisa de que el género como la ciencia son categorías construidas socialmente. Ciencia es el nombre que le damos a un conjunto de prácticas y a un cuerpo de conocimiento delineado por una comunidad, que no se define únicamente por las exigencias de la prueba lógica y la verificación experimental. De manera similar, lo masculino y lo femenino son categorías definidas por una cultura, que no por una necesidad biológica. Las mujeres, los hombres y la ciencia son creados, juntos, a partir de una dinámica compleja de fuerzas cognitivas, emocionales y sociales entrelazadas. Esta dinámica da cuenta de como apoya la conjunción histórica de ciencia y masculinidad y la disyunción igualmente histórica entre ciencia y feminidad.

Un tema inmediato es la mitología popular, profundamente enraizada, que sitúa la objetividad, la razón y la mente como si fueran una cosa masculina y la subjetividad, el sentimiento y la naturaleza

como si fueran cosas femeninas. En esta división del trabajo emocional e intelectual, las mujeres han sido las garantes protectoras de lo personal, lo emocional, lo particular, mientras que la ciencia la provincia por excelencia de lo impersonal, lo racional y lo general- ha sido reserva de los hombres.<sup>10</sup> La consecuencia de esta división no es únicamente la exclusión de las mujeres de la práctica de la ingeniería. Esta exclusión es un síntoma de una hendidura más amplia y profunda entre femenino y masculino, subjetivo y objetivo, y desde luego entre amor y poder un desgarramiento del género humano que nos afecta a todas y todos, en tanto que mujeres y hombres, en tanto que miembros de una sociedad, e incluso en tanto que científicas y científicos.

La pregunta es ¿cómo se informan entre sí la ideología de género y la de la ciencia en su construcción mutua, cómo funciona esa construcción en nuestras distribuciones sociales, y como afecta a los hombres y a las mujeres, a la ciencia y a la naturaleza.

De acuerdo con Evelyn Keller: "Cuando apodamos "duras" a las ciencias objetivas en tanto que opuestas a las ramas del conocimiento más blandas (es decir, más subjetivas), implícitamente estamos invocando una metáfora sexual en la que por supuesto "dura" es masculino y "blanda" es femenino. De forma general, los hechos son "duros", los sentimientos "blandos". "Feminización" se ha convertido en un sinónimo de sentimentalización. Una mujer que piensa como científica u objetivamente está pensando "como un hombre"; a la inversa, el hombre que siga un razonamiento no racional, no científico, está argumentando "como mujer". Y continúa la autora: "La identificación entre pensamiento científico y masculinidad está tan profundamente arraigado en la cultura general que las niñas y los niños tienen poca dificultad en interiorizarla. Crecen no sólo esperando que los científicos e ingenieros sean hombres sino también percibiendo a los científicos como más "masculinos" que otras profesiones de hombres por ejemplo, las dedicadas al arte. Numerosos estudios de masculinidad y feminidad en las profesiones confirman esta observación, y quedan caracterizadas como más masculinas las ciencias "más duras" así como las ramas "más duras" de cualquier profesión"<sup>11</sup>.

Así pues, la brecha de género en la alta tecnología continúa dejando a muchos hombres y mujeres meneando la cabeza confundidos. Las mujeres no están distribuidas de modo parejo en los distintos campos de la ciencia y la ingeniería. La informática es de las más nuevas, no tiene el legado de centurias de sexismo para superar.. ¿Qué mantiene a las mujeres fuera de la tecnología en este tiempo crítico? ¿Y qué se puede hacer al respecto? ¿Las carreras tecnológicas son incompatibles con la vida en familia?

Hay sin duda razones culturales cuyo desentrañamiento va más allá de las posibilidades de este trabajo, pero que son tema fascinante de investigación. También se puede argumentar que la relativa escasez de mujeres en la ingeniería refuerza los estereotipos alrededor de esta profesión y desanima a otras mujeres a entrar en el campo. O sea, que en cierto modo es un círculo vicioso que debe romperse.

Se ganarían visiones valiosas preguntando la siguiente cuestión: ¿si la asignación de los papeles del género en los proyectos de C&T se reversara, que tan diferente sería nuestro conocimiento de la naturaleza? En muchas áreas de investigación puede que no hubiera ninguna diferencia; pero en muchas otras, puede que si. Sería útil considerar y estudiar como cambiarían las prioridades en C&T y las representaciones de la naturaleza si las mujeres dirigieran las entidades que toman las decisiones<sup>12</sup>.

## IMPORTANCIA DE LAS MUJERES EN LA INGENIERÍA

A medida que nos movemos de una edad industrial a una de la información, una fuerza de trabajo entrenada en ciencias e ingeniería es el motor central para mover el crecimiento económico de los países. En el siglo XXI, las industrias relacionadas con el comercio electrónico continuarán siendo la fuente de miles de negocios, millones de trabajos con elevados salarios y vastas oportunidades creativas

El ambiente para la ingeniería, a principios de este milenio está caracterizado por las industrias basadas en conocimiento, con productos de alto valor agregado, una gran dependencia de la aplicación de la ciencia básica en el desarrollo de productos y un proceso desarrollo diseño manufactura que se basa en un elevado nivel de flujos de simulación en información. Las mujeres parecen estar especialmente dotadas para este tipo de ambiente y de ahí la imperativa necesidad de incorporarlas a las filas de la ingeniería<sup>13</sup>. Las mujeres son mejores en la comunicación, en la presentación y se inclinan a trabajar en forma más colaboradora que los hombres.

Como afirma Eleanor Baum (decana de la escuela de ingeniería en la Cooper Union for the Advancement of Science and Art en la ciudad de Nueva York): “Creo que es terriblemente importante que la profesión de ingeniero se vuelva más diversa, para animar más mujeres y otras minorías a pensar en la ingeniería como carrera. La razón no es simplemente porque sea moralmente correcto sino porque no podemos darnos el lujo de perder la creatividad de tales grupos tan grandes de población. Incluso la ingeniería está teniendo problemas para atraer los mejores y más brillantes muchachos blancos. Están más interesados en medicina, derecho y negocios”

“El castigo por no llegar a las mujeres será muy serio en el siglo XXI no solamente para la profesión de ingeniero sino para nuestro bienestar económico. Una de las bellezas de la diversidad es más creatividad, nuevas maneras de mirar las cosas. Por ejemplo, muchas mujeres miran el diseño de productos de manera muy diferente a los hombres. La incorporación de sus consideraciones en el diseño puede marcar la diferencia entre tener éxito o no en el mercado”<sup>14</sup>.

De recordarse que administrar la creatividad es tomar un grupo diverso de personas con distintas habilidades y reunirlos para producir una cosa nueva. La diferencia de género en los estilos científicos puede muy bien resultar ser una de las fuentes, recién descubiertas, más importantes para el crecimiento del conocimiento científico. Las comunidades científica modernas siempre han reconocido la importancia de incluir gente que tienda a pensar de maneras diversas con el fin de mirar a la naturaleza desde todas las perspectivas posibles. También las diferencias de género pueden aumentar tal diversidad<sup>15</sup>.

La cuestión no es sólo de equidad y derechos humanos, es de aprovechar en ingeniería el potencial femenino. Las cifras que se han mencionado indican claramente que mientras se ha recorrido mucho desde 1970, todavía hay un largo camino por andar. Por ejemplo, Estados Unidos tiene una gran escasez de trabajadores entrenados en alta tecnología. El hecho de que las mujeres estén entrando a esas profesiones a tasa muy inferiores que los varones significa que se está perdiendo una enorme fuerza laboral que podría contribuir significativamente a remediar la escasez de trabajadores en tecnología de la información.

## ACCIONES NECESARIAS Y PROPUESTAS

En lo que respecta a las universidades las actividades igualitarias se han concentrado en: hacer la educación superior accesible a las mujeres; aumentar la proporción de mujeres en todos los niveles de la universidad y diferentes áreas de estudio (especialmente en ciencia y tecnología); luchar contra el sexismo y los prejuicios en los espacios universitarios; transformar el conocimiento para que sea menos sesgado por el género y que incluya más las perspectivas de las mujeres.

Hasta hoy se ha tenido éxito hasta cierto punto en estas metas. Tenemos una mayoría de mujeres entre los estudiantes en varios países, mayor participación de las mujeres en ocupaciones y campos de estudio "masculinos" (como ciencia e ingeniería), y de vez en cuando se ven decanas. Los activistas y los académicos han creado cursos de estudio de la mujer que intentan crear conocimiento sobre, y para las mujeres. Últimamente, algunas universidades han aceptado programas proactivos y están tratando de cambiar la atmósfera donde este es hostil a las mujeres<sup>16</sup>.

En general, lo que las mujeres requieren en sus estudios de ingeniería es una atmósfera amigable. Ellas necesitan el ánimo y el apoyo de sus profesores y la cooperación de sus iguales para sentirse a gusto en un salón habitado de mujeres y hombres, además, los profesores de ingeniería deben enfatizar que la ingeniería es apropiada para todos, en virtud de la inteligencia, innovación y capacidad científica.(no discriminando con el pseudo-mito de que el cerebro tiene sexo, lo que en realidad es cuestión de distorsiones culturales).

En nuestro país no tenemos información exacta sobre el porcentaje de ingenieras en la universidad y en el campo laboral. Lo cierto, es que la ingeniería colombiana, en todas sus ramas, cuenta hoy con una activa y sobresaliente participación de la población femenina. Hay ejemplos destacados como el de Priscilla Ceballos Ordóñez, ingeniera civil de la Universidad del Cauca, primera mujer contratista en obras civiles en el país y primera ingeniera en desempeñarse como Ministra de Obras Públicas (gobierno de Virgilio Barco)<sup>17</sup>. Del mismo modo, se desconocen acciones específicas para atraer a las mujeres a las carreras de ingeniería en Colombia. De todas maneras, se presentan en la figura 1 las acciones generales que deberían emprenderse en programas de este tipo.



Figura 1. Puntos de una política de intervención para mejorar el ambiente de las mujeres en la ingeniería<sup>18</sup>.

## **Las herramientas y estrategias de una política de intervención son:<sup>18</sup>**

### **Determinación del ambiente**

Cuestionarios de autoevaluación de la institución  
Evaluación del clima y seguimientos  
Centros de responsabilidad para la evaluación de la equidad  
Seguimiento y reporte; reuniones y revisiones

### **Reclutamiento**

Publicidad abierta y concurso para las posiciones  
Técnicas de búsqueda proactivas usando las redes de mujeres profesionales, las ONGs y la Internet  
Comisiones de entrevista balanceadas en género así como los comités de selección.  
Técnicas y formatos de género neutro  
Metas para contratar profesionales femeninos  
Asignación de becas para mujeres; apoyos para enviar niñas a la escuela  
Becas flexibles en exterior para mujeres en C & T

### **Retención**

Apoyo de administración superior; política corporativa; planes de acción de equidad  
Políticas corporativas obligatorias sobre género y acoso sexual  
Directrices corporativas sobre el lenguaje, las ilustraciones y el material visual  
Defensores visibles; mujeres en los comités de reclamos  
Elección de mujeres en comités visibles y con poder  
Apoyo institucional a las redes de mujeres profesionales y una política de discusión en Internet  
Reconocimiento, apoyo y recompensas a los programas de mejoramiento  
Programas de apoyo a los cónyuges  
Facilidades locales para cuidado de niños y ancianos

### **Promoción**

Criterios flexibles de escalafón y promoción, nuevos sistemas de recompensa.  
Planeación sucesiva y orientación profesional  
Metas de equidad con plazos y seguimiento estadístico  
Reportes públicos regulares sobre los logros corporativos  
Construcción de un banco de candidatas femeninas  
Sistema de evaluación neutral en cuanto a género y libre de prejuicios

### **Reenganche**

Tiempo flexible; lugar flexible; opciones de compartir trabajo  
Regreso de la dirigencia a los cursos de refrescamiento, opciones de cuidado de los niños,  
Esquemas de ruptura de la carrera y cursos de refrescamiento para el reenganche  
Políticas progresistas de permisos maternales

### **Entrenamiento y desarrollo**

Entrenamiento de los profesores, estudiantes y empleados sobre sensibilidad al género  
Entrenamiento pedagógico de los maestros; revisión del currículo; reconocimiento de las diferentes maneras de hacer ciencia y comunicarse  
Lenguaje, imágenes e ilustraciones neutros respecto al género  
Entrenamiento sobre género, técnicas de entrevista, combate del acoso, etc.

### **Pago**

Equidad en los salarios  
Equidad en la asignación de fondos para investigar

## Desvinculación

Equidad de género en los paquetes de desvinculación

Entrevistas de salida con mujeres

## CONCLUSIONES

- La presencia de las mujeres en nuestra ingeniería es todavía muy escasa. Deben establecerse cifras para el caso de Colombia.
- Es muy conveniente incorporar las mujeres a la ingeniería por razones de diversidad y competitividad.
- Deben investigarse las causas de esta situación para poder atacarlas.
- La ingeniería colombiana, en cabeza de ACOFI, debería emprender acciones para lograr que las mujeres participen activamente el mejoramiento de ella.

## REFERENCIAS

- <sup>1</sup> Third World Organization for Women in Science. Conference Statements of the Second General Assembly and International Conference: Women, Science and Technology for Sustainable Human Development, Cape Town, South Africa, 1999
- <sup>2</sup> Wenneras, C. and A. Wold, "Nepotism and sexism in peer review", *Nature*, **387**, 1997, p. 341 <http://helix.nature.com/wcs/m02s.html>
- <sup>3</sup> Dennis, Normile, "Japan: Women Academic Propose Steps to Equity", *Science Magazine*, vol. 292, No. 5516, 20 April 2001, p. 416.
- <sup>4</sup> Chiu, Dirk M. y Lee H. Chiu, "Alentar a las mujeres a la educación en la ingeniería en el siglo XXI", *Conferencia Mundial sobre Educación en Ingeniería*, ACOFI, 1996, p. 13.
- <sup>5</sup> Elleboudy, A.M., "Retos que enfrentan las mujeres profesionales ingenieras", *Conferencia mundial sobre educación en ingeniería y líderes de la industria*, Acofi, París, 1996, p. 101.
- <sup>6</sup> Morella, Constance A. Chairwoman of the Subcommittee on Technology, U.S. House of Representatives, Subcommittee on Energy and Environment, Subcommittee on Basic Research, *A Review of H.R. 3007, the Advancement of Women in Science, Engineering, and Technology Development Act*, Washington, D.C., Tuesday, March 10, 1998.
- <sup>7</sup> Koblitz, Ann Hibner, "Challenges in Interpreting Data", *World Science Report*, Unesco Publishing, Paris, 1996, p.327.
- <sup>8</sup> Departamento Admisiones y Registro, U. de A., mayo 2001.
- <sup>9</sup> Milojevic, Ivana, "The Crisis of University: Feminist Alternatives for the 21<sup>st</sup> Century and Beyond", *The University in Transformation. Global Perspectives on the Futures of the University*, Bergin & Garvey, Wesport, 2000, p. 175.
- <sup>10</sup> Lane, Nancy J.. "Why are so few women in Science?", *Nature Debates*, 9 Sept, 1999. [http://helix.nature.com/debates/women/women\\_contents.html](http://helix.nature.com/debates/women/women_contents.html)
- <sup>11</sup> Keller, Evelyn Fox, *Reflexiones sobre género y ciencia*, Edicions Alfons El Magnánim. Institució Valencian d'Estudis i Investigació, Valencia, 1991.
- <sup>12</sup> Harding, Sandra and Elizabeth McGregor, "The Conceptual Framework. The Gender Dimension of Science and Engineering", *World Science Report*, Unesco Publishing, Paris, 1996, p.301.

<sup>13</sup> Kalacki, F.A. and E. R. Krueger, "Trends in Engineering Education- An International Perspective", *Proceedings National Conference on Engineering Education*, National Research Council, Washington, 1998.

<sup>14</sup> Fouke, Janie, *Engineering Tomorrow*, IEEE Press, N. Y., 2000, p. 152.

<sup>15</sup> Malcolm, Shirley, "Women, Science and the World View", *World Science Report*, Unesco Publishing, Paris, 1996, p. 322.

<sup>16</sup> Milojevic, Ivana, "The Crisis of University: Feminist Alternatives for the 21<sup>st</sup> Century and Beyond", *The University in Transformation. Global Perspectives on the Futures of the University*, Bergin & Garvey, Wesport, 2000, p. 175.

<sup>17</sup> "Ellas...¿Ingenieras ejecutivas? Muchas..muchas..", *Clase Empresarial*, mayo, 1996, p. 59.

<sup>18</sup> Harding, Sandra and Elizabeth McGregor, "The Conceptual Framework. The Gender Dimension of Science and Engineering", *World Science Report*, Unesco Publishing, Paris, 1996, p.301.

# EL TEJIDO DE RED ENTRE LA DOCENCIA, LA INVESTIGACIÓN Y LA EXTENSIÓN

Luz Angélica Rodríguez Bello – Escuela Colombiana de Ingeniería  
E-mail: larodrig@escuelaing.edu.co

## RESUMEN

Relacionar sincronizadamente la docencia, la investigación y la extensión, es el deseo de toda institución de educación, engranar estas ruedas sueltas en un sistema interrelacionado, capaz de interactuar para el cumplimiento de objetivos determinados, desde el corto hasta el largo plazo, es toda una travesía, como lo es para una araña construir su red, la cual le garantiza su supervivencia.

La caracterización del plan de estudios por disciplinas es el puente, es el enlace que permite articular el movimiento coordinado entre la docencia la investigación y la extensión; el plan de estudios se hace más flexible, permite la interdisciplinariedad, hace énfasis en la investigación, el estudiante puede profundizar a través de diferentes disciplinas y le da herramientas para desarrollar habilidades en dicho campo.

El propósito de éste modelo es determinar las disciplinas existentes, o aquellas que se considere debe tener cada plan de estudio; el programa docente de cada disciplina implica: la determinación de antecedentes y la justificación de la misma como disciplina, el papel de la disciplina dentro del plan de estudios, su estructura es decir la intensidad y el orden, los objetivos generales de la disciplina, el contenido de la misma o las asignaturas que la componen, los objetivos generales de las asignaturas, los contenidos esenciales donde se integren los temas y se desarrollen a través de sistemas de conocimientos, sistema de habilidades y competencias y valores, así mismo implica la determinación de los criterios o sugerencias metodológicas determinando los métodos, las técnicas, y los medios de enseñanza y finalmente el sistema de evaluación.

La articulación por disciplinas permite que dos o más programas compartan una misma disciplina generando la interdisciplinariedad. Igualmente permite determinar asignaturas obligatorias y asignaturas electivas que garantizan la profundización. Estas disciplinas enmarcan o están enmarcadas por las líneas de investigación en las que la institución ha enfatizado y así mismo puede generar mecanismos de respuesta a las inquietudes sociales, ya que el estudiante al optar por la profundización de la disciplina, escoge el campo de acción en el cual se siente más motivado para adquirir conocimientos específicos y en el que tiene mayor oportunidad de desarrollo de habilidades específicas que garantizan su competitividad.

De esta manera este modelo permite crear una red, tejida y articulada desde cada disciplina, que no solo une las actividades internas de la universidad, sino que garantiza su conexión con el exterior, generando vínculos con el entorno empresarial, gubernamental, científico y social. Así la investigación busca resolver problemas del entorno de manera proactiva y anticipada. Una forma de materializar el resultado de la investigación es en el conocimiento canalizado a través de la determinación de disciplinas, que preparan al estudiante para actuar en la comunidad. La conexión de ésta red garantiza la comunicación de la misma y la eficacia de comunicación, asegura la velocidad de respuesta a un medio cambiante, que siempre necesitará estar en permanente actualización.

## **1- UNA RED DE PROCESOS QUE GENERA RESULTADOS**

La Educación Universitaria cuando ejecuta los procesos de docencia e investigación, ofrece la posibilidad de realizar pregrados y posgrados, (especializaciones, maestrías y doctorados), las expectativas de la docencia a medida que se avanza pregrado hasta llegar al nivel de doctorado se hacen cada vez mas bajas y por el contrario las expectativas de la investigación aumentan o llegan a su máximo nivel de expectativa en este nivel, (Ver Figura 1).

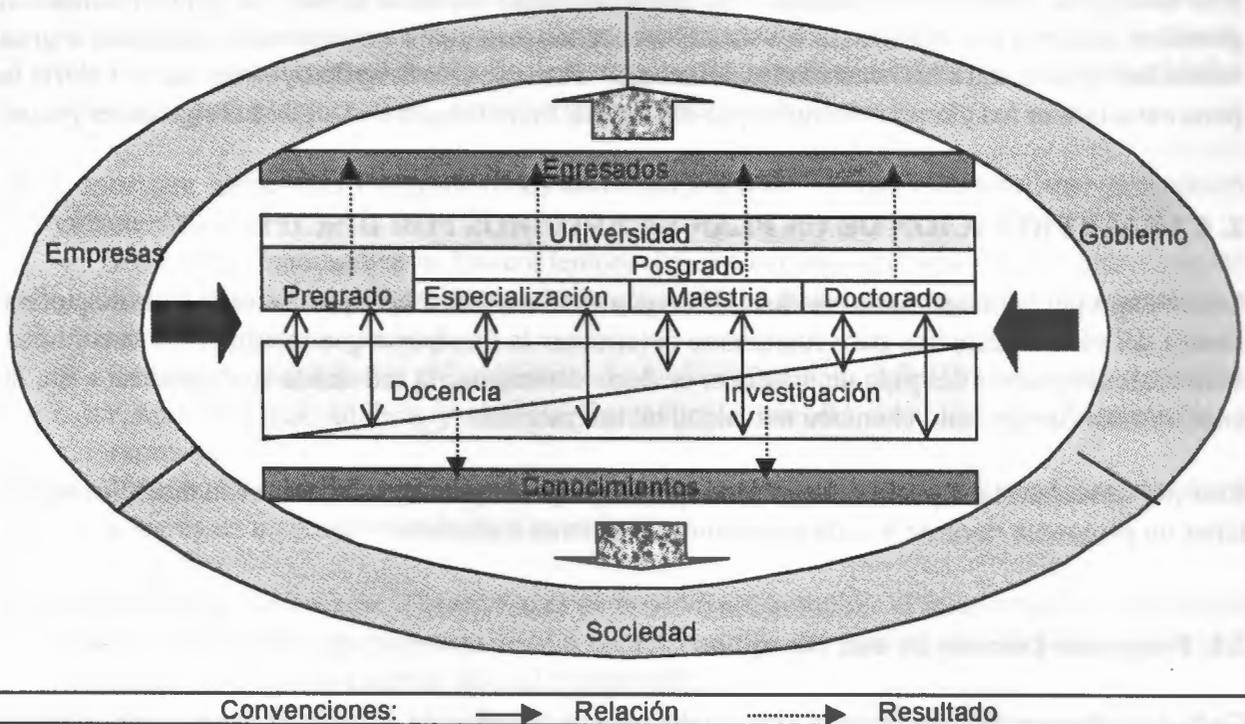
Cuando se realizan varios procesos y se persigue conseguir, a través del desarrollo de los mismos, resultados diversos que satisfagan a diferentes intereses, lo ideal es sincronizarlos y relacionarlos como si se estuviera formando una red, capaz de entregar resultados al final de cada proceso o seguir avanzando en la red para consolidar y elaborar cada vez más un resultado igualmente esperado.

Estos dos procesos, la investigación y la docencia, generan como resultado, conocimientos y egresados, los egresados son calificados de excelentes en la medida que satisfagan las necesidades de las empresas, el gobierno y la sociedad y así mismo la interrelación entre la docencia e investigación y el entorno, genera la extensión o interacción con el exterior, la cual se realiza en doble vía, en primera instancia para conocer las necesidades y dar información de entrada a los procesos y en segunda instancia para entregar el resultado de los procesos. Los buenos canales y la rapidez de respuesta de las necesidades en resultados califican de excelente la extensión.

Como las necesidades son cambiantes, necesariamente los resultados esperados son cambiantes, esto conlleva a pensar que los procesos que generan esta transformación necesariamente tienen que cambiar, y cambiar especialmente en la rapidez de transformación y en la validez de la misma, la cual se logra si se da el mejor empalme en cada una de las uniones de la red.

La docencia e investigación están presentes en el desarrollo de pregrados, especializaciones, maestrías y doctorados y en cada uno de ellos genera resultados como son los egresados y el conocimiento, los cuales se podría asociar a que cada vez el resultado de este proceso va a satisfacer necesidades específicas y a medida que se va especializando logra ahondar en la investigación resolviendo problemas más específicos de un gran impacto, los cuales tienen inicio y base, en los primeros pasos de la cadena o red de procesos, Por eso si no hay bases, imposible seguir edificando

y si no hay continuidad habrá muchas redes sin ningún fin o sin ningún producto o redes muy cortas sin ninguna profundización.



**Figura 1. Interacciones Internas y Externas de los procesos de docencia, investigación y extensión**

Garantizar redes extensas de acuerdo a las necesidades cambiantes, se pueden lograr al caracterizar el plan de estudios por disciplinas, ya que éste se hace más flexible, genera asignaturas de especialización que buscan hacer énfasis en la investigación y asignaturas electivas que le permiten al estudiante optar por el campo de acción en el cual se siente más motivado, para adquirir los conocimientos específicos y desarrollar aún más las habilidades y competencias requeridas en dicho campo.

Habrán estudiantes quienes al estar cursando su pregrado tengan deseo de profundizar en un campo determinado, o quien al terminar el pregrado quiera continuar y realizar una especialización o maestría, o quien motivado por la investigación quiera realizar un doctorado, de ésta manera la institución encuentra caminos claros de investigación, que le permiten generar respuestas rápidas, anticipadas y proactivas al exterior.

Hay disciplinas que pueden ser comunes para varios programas, lo cual permite la interdisciplinariedad, por ejemplo la empresarialidad, el deseo de ser dueño de su propia empresa y generar empleo, puede ser un objetivo del ingeniero electrónico, del ingeniero mecánico, o de

cualquier otro profesional; quienes están motivados hacia una misma disciplina, en la que el conocimiento se enriquece por la perspectiva de cada uno de los participantes, donde se pueden establecer convenios de complementariedad entre lo técnico y lo administrativo, entre lo tangible y lo intangible, entre la oportunidad y la destreza, donde los altos niveles de contextualización permiten mayor participación de los estudiantes y la generación de resultados prácticos a gran velocidad de acuerdo a las necesidades del medio. Por todos los beneficios enunciados, valdría la pena caracterizar los planes de estudio por disciplina, metodología que sigue los siguientes pasos:

## **2. CARACTERIZACIÓN DE UN PLAN DE ESTUDIOS POR DISCIPLINAS**

Se debe agrupar las asignaturas por disciplinas y luego determinar la importancia de cada disciplina dentro del plan de estudios para finalmente determinar la disciplina que articula o es la columna vertebral integradora del plan de estudios, es decir determinar la red desde su comienzo a fin, la cual será tan fuerte como el enlace más débil de interacción.

Esta red da respuesta al perfil del egresado que se quiere formar, para lo cual cada disciplina debe tener un programa docente y cada asignatura un sistema didáctico.

### **2.1. Programa Docente de una Disciplina**

Cada disciplina se debe extender a lo largo del plan de estudios de acuerdo al papel o importancia dentro del mismo y debe contener:

- ❖ Antecedentes y justificación
- ❖ Papel de la disciplina en el plan de estudios
- ❖ Estructura (intensidad, orden)
- ❖ Objetivos generales de la disciplina
- ❖ Contenidos
- ❖ Objetivos generales de las asignaturas
- ❖ Contenidos esenciales de las asignaturas
- ❖ Criterios o sugerencias metodológicas
- ❖ Sistema de evaluación

### **2.2. Sistema Didáctico de una Asignatura**

Con el objeto de alcanzar los objetivos de los procesos de docencia, de investigación y de extensión, cada una de las asignaturas que forman parte de cada disciplina se debe enmarcar dentro de un sistema didáctico, el cual permite caracterizar la asignatura, determinar objetivos generales, el contenido, la organización del proceso y la evaluación.

- ❖ Caracterización de la Asignatura: Determina el papel, su trascendencia en la formación del profesional y su justificación dentro del currículo.

- ❖ **Objetivos Generales:** Determina máximo tres objetivos los cuales están definidos en términos del estudiante, como persona activa. Los objetivos constituyen los fines o resultados a que se aspira, deben ser flexibles y abiertos, los cuales guían la actividad de profesores y estudiantes para alcanzar las transformaciones necesarias en cada participante del proceso. Deben ser educativos, es decir que contribuyan al desarrollo del estudiante de forma integral, e instructivos, es decir que contribuyan al desarrollo de la ciencia y la tecnología en función de las necesidades económicas de globalización, modernización e internacionalización.
- ❖ **Contenido:** Debe tener integrado todos los temas, máximo 8 temas y desarrollarse teniendo en cuenta:
  - ◆ **Sistema de Conocimientos:** Los contenidos deben tener una organización sistémica y pueden ser específicos o no específicos, por lo cual se debe determinar el contenido invariante o contenido esencial general.
  - ◆ **Sistema de Habilidades y Competencias:** Actividades para el desarrollo de la creatividad, visión holística, análisis y síntesis, liderazgo, desarrollo empresarial, comunicación y expresión.
  - ◆ **Valores:** El valor debe ser adoptado por una persona, la cual toma una actitud y se manifiesta a través de un comportamiento determinado.
- ❖ **Organización del Proceso:** El proceso es el movimiento complejo al interior de la organización que permite lograr una respuesta final o caracterización del profesional de acuerdo al perfil, mediante un estímulo externo, el cual comprende:
  - ◆ **Métodos:** Es la vía que se tiene que emprender para lograr el objetivo dado. Los cuales pueden ser:
    - Lógica de obtención de contenidos: Inductivos, deductivos, inductivos-deductivos
    - Carácter de la actividad cognoscitiva: Reproductivos, productivos y creativos
    - Interacción docente estudiante: Expositivos, elaboración conjunta, trabajo independiente
  - ◆ **Técnicas:** Instruccionales, constructivista, activista, conductista, sistémico investigativo, problémico, conceptual, histórico- cultural.
  - ◆ **Medios:** Conferencias, clases prácticas, seminarios, laboratorios, consultas, trabajos de campo, método de proyectos, estudio de casos, estudio dirigido, técnicas de trabajo creativo en grupo.
- ❖ **Evaluación:** El objetivo de la evaluación es la autoevaluación, para que las personas que intervienen en el proceso docente educativo conozcan en cada momento como van cumpliendo con los objetivos. La evaluación permite conocer:
  - El nivel de partida de cada estudiante
  - Retroalimentar el proceso
  - Influir sobre la motivación del estudiante
  - Retroalimentar a cada estudiante en su proceso de aprendizaje de una manera preventiva.

Por lo cual la evaluación se debe dar antes, durante y después de la enseñanza. Antes de la enseñanza es diagnóstica si se hace de manera colectiva se convierte en un pronóstico y si se realiza de manera diferenciada en un diagnóstico, pero siempre resulta proactiva. Durante la enseñanza es formativa y puede ser interactiva o retroactiva y después de la enseñanza es sumativa. De esta manera se retroalimenta permanentemente el proceso permitiendo un mejoramiento continuo.

Mirando de manera gráfica el sistema didáctico de una asignatura se podría decir que responde a las preguntas que se enuncian en la figura 2.



**Figura 2. Sistema didáctico de una Asignatura.**

Es así como la caracterización del plan de estudios por disciplinas permite crear una red tan fuerte como las interrelaciones de los procesos de docencia, investigación y extensión y tan efectiva como la fluidez de la comunicación y la respuesta entre los procesos y el medio. El estudiante aprende a aprender, el docente se convierte en un facilitador, el proceso mejora continuamente y el medio recibe respuestas oportunas y eficaces.

## **BIBLIOGRAFIA**

- García Martínez, Andrés. Análisis Sistémico Aplicado a la Enseñanza de la Física Universitaria. Revista colombiana de Física 29 No 2. 1997
- Artigue, Michel. Ingeniería Didáctica. Seminario de Didáctica e Informática. Universidad de París, 1998.
- Salazar, Jaime y Silva, Eduardo. Actualización y Modernización Curricular en los Programas de Ingeniería en Colombia.. ACOFI 1997.

# **AUDITORIA DE CALIDAD APLICADA A PROGRAMAS EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR. CASO: PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL C.U.T.B**

**Autor/Martha Sofía Carrillo Landazábal  
Director / Misael Cruz Monroy  
Asesores/Sofía Leonor Trillos Sierra/Alvaro Nuñez Torres  
Tecnológica de Bolívar  
Institución universitaria**

El desarrollo permanente de procesos de calidad en la Tecnológica de Bolívar, ha estado presente desde sus inicios. Esta Institución preocupada por el mejoramiento continuo, realiza hoy procesos de autoevaluación de sus programas. Como resultado de ese trabajo el Ministerio de Educación Nacional, acreditó el programa de Ingeniería Industrial.

Con esos antecedentes, la presente investigación pretende mediante la aplicación de técnicas y herramientas de control y teniendo en cuenta, como marco teórico, los lineamientos del CNA y la normatividad ISO, diseñar un modelo de auditoria para ser aplicado a un programa acreditado en una Institución de Educación Superior.

Las conclusiones más importantes de este estudio son las que darán a aquellas Universidades con programas acreditados una herramienta ideal para poder realizar auditorias internas de calidad, asegurando en forma continua los procesos de calidad en las Instituciones que se han sometido a procesos de acreditación o piensan realizarlos en el futuro.

## **1. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

En las empresas tradicionalmente se han venido efectuando auditorías en donde básicamente se diseñan programas estándar y, en algunos casos programas de auditoría hechos a la medida de cada organización, que evalúan por ejemplo, los estados financieros de las empresas, el manejo de las compras e inventarios, etc. y se utilizan cuestionarios de control interno que, si bien, ayudan a evaluar muchas áreas de la empresa, en muchas ocasiones no se ajustan a lo que la empresa necesita, como es el caso de las Instituciones de Educación Superior.

Por ello, se propone realizar un estudio para establecer un modelo de auditoría teniendo en cuenta los lineamientos emitidos por el Organismo Internacional de Estandarización (normas ISO 9000)

y el Consejo Nacional de Acreditación (C.N.A) que permitan planear, controlar y evaluar los procedimientos del Sistema de Calidad en el programa de Ingeniería Industrial de la C.U.T.B (acreditado por el CNA en el segundo semestre de 1999).

### 3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

**Objetivo General:** Establecer las condiciones de aplicación de los parámetros de control de la calidad según el Organismo Internacional de Estandarización ISO y el Consejo Nacional de Acreditación CNA, en el programa de Ingeniería Industrial de la CUTB y formular un modelo de auditoría que permita el mantenimiento de la calidad.

#### Objetivos Específicos:

- Analizar y determinar las condiciones de aplicación de los procesos de calidad bajo los lineamientos del Organismo Internacional de Estandarización (ISO) y del Consejo Nacional de Acreditación (C.N.A) en el programa de Ingeniería Industrial de la C.U.T.B.
- Diseñar las herramientas de control interno en el programa de Ingeniería Industrial de la C.U.T.B para garantizar el mantenimiento de los parámetros de calidad, según ISO Y CNA.
- Diseñar un plan de implementación de las herramientas de control para establecer el cumplimiento de los objetivos y metas de la gestión.

### 4. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN

Las empresas requieren cada vez más fortalecer los procesos de auditoría, implementando sistemas de control interno en los procesos y actividades que desarrollan día a día las organizaciones. Las instituciones educativas al igual que cualquier empresa de servicios requiere de técnicas modernas administrativas y operativas, que mediante la utilización de herramientas de auditoría pueden lograr mejorar los procesos y las actividades que se llevan a cabo en cada organización.

El desarrollo del presente estudio es de gran interés para la comunidad universitaria porque presenta un aporte conceptual nuevo de cómo diseñar herramientas de control interno mediante el uso de técnicas de auditoría. Considerando además, la normatividad del Organismo Internacional de Estandarización (ISO) en lo referente a auditoría de calidad y los lineamientos del Consejo Nacional de Acreditación (CNA).

### 5. MARCO DE REFERENCIA DEL PROYECTO

Como marco teórico en el estudio se consideraran los conceptos relacionados con: la calidad de la educación superior, y lo estipulado por la Organización Internacional de Estandarización (ISO) en lo relacionado a la auditoría de calidad y del sistema de calidad.

**La calidad de la educación superior.** En las instituciones de educación superior la calidad hace referencia a un atributo del servicio público de la educación en general y, en particular al modo

cómo este servicio se presta, según el tipo de instituciones de que se trate<sup>1</sup>. Para determinar la calidad de una institución educativa se deben tener en cuenta aspectos tales como:

- La evaluación que la institución hace de su desempeño, con el objeto de mantener la calidad y mejorarla.
- El reconocimiento de la calidad del conocimiento que imparte en el medio de influencia.
- Lo que la institución concibe como su vocación (misión y propósitos).
- Los referentes históricos, es decir, la evolución, lo que fue, lo que es, y lo que ha querido ser.
- Su comunidad académica.
- Su relación con el medio externo.

**El organismo internacional de estandarización.** El Organismo Internacional de Estandarización (Internacional Organization for Standardization ISO), es una Federación Mundial de cuerpos normativos nacionales que representa a nueve países. Fomenta el desarrollo de la normalización y actividades relacionadas con la calidad para facilitar el intercambio internacional de bienes y servicios, y desarrollar la cooperación intelectual, científica tecnológica y económica<sup>2</sup>.

El fundamento de estas normas está en saber lo que se va a hacer, lo que se dice, registrar lo que se hizo, verificar los resultados y actuar sobre las diferencias, es aplicable tanto para empresas manufactureras como de servicios como es el caso de las instituciones de educación.

La serie de normas ISO 9000 aborda la calidad desde tres puntos de vista: los conceptos o elementos, los modelos de implementación de los modelos del sistema de calidad, y las temáticas generales de interés.

**La auditoría de calidad.** La auditoría en general se entiende como el análisis, examen o evaluación. En términos de calidad, la auditoría o diagnóstico de calidad, es una inspección que permite comparar determinados aspectos de la calidad con relación a normas y especificaciones existentes, evaluando los resultados.

Según lo establecido en la norma ISO 8402, la Auditoría de Calidad es un “examen metódico e independiente que se realiza para determinar si las actividades y los resultados relativos a la calidad satisfacen las disposiciones previamente establecidas y para comprobar que estas disposiciones se llevan realmente a cabo y que son adecuadas para alcanzar los objetivos previstos”.

La auditoría es una inspección independiente, es decir que ha de ser realizada por personal que esté vinculado directamente con el aspecto objeto de auditoría.

La norma ISO 9011, establece las pautas para la realización de las auditorías de los sistemas de calidad. Dicha norma se subdivide en tres partes:

---

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Acreditación: Lineamientos para la acreditación. Ed Junio 1997, p.10.

<sup>2</sup> JAUREGUI H, Marco A. Manual de Aseguramiento de la calidad. México: Mc Graw Hill, p.5.

- Reglas para la auditoría de los sistemas de calidad.
- Criterios de cualificación de los auditores.
- Gestión de los programas de auditoría.

Estas tres partes deben dar como resultado las auditorías internas del sistema de calidad.

**Tipos de Auditoría según ISO.** Las auditorías se clasifican en términos generales en dos grandes bloques:

**Según su orientación:** las auditorías de calidad pueden ser:

- De producto: Tienen como objetivo evaluar las características del producto, tal como lo haría el cliente
- De servicio: Evalúa las características del servicio.
- De proceso: Es de carácter eminentemente técnico. Evalúa el comportamiento de un determinado proceso, en función de especificaciones, características técnicas y /o estándares determinados
- Del sistema de calidad: Se realiza para comprobar, mediante el examen y la evaluación de evidencias objetivas, que el sistema de calidad es adecuado y ha sido desarrollado, documentado e implementado correctamente, de acuerdo con los requisitos especificados.

**Según quién las realice:** Las auditorías se clasifican en:

- Internas: Realizadas por personal propio de la empresa, o por una persona externa a la empresa que actúa con los procedimientos y la sistemática de la propia empresa.
- Externas: Efectuadas por un organismo independiente.

Entonces, la Auditoría del Sistema de Calidad es un tipo de auditoría que se realiza para comprobar, mediante el examen y evaluación de evidencias objetivas, que el sistema de calidad es adecuado y ha sido desarrollado, documentado e implantado correctamente, de acuerdo con los requisitos especificados, este tipo de auditoría es el que pretende realizar el programa de Ingeniería Industrial de la Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar.

Tanto en las auditorías internas como en las externas se deberá garantizar la interdependencia del auditor, en relación con la parte Auditada. Resulta sumamente interesante mencionar también otro concepto vinculado a las auditorías de calidad, y es la auto-auditoría, la cual consiste una pseudo-auditoría en donde el auditor no es independiente del área auditada. Esta auditoría resulta ser exitosa en su aplicación bajo un concepto de mejora continua de calidad, es decir cuando es aplicada como instrumento de autocontrol de Auditado.

**Las Auditorías Internas del Sistema de Calidad.** Es una actividad efectuada por una persona o grupo de personas de la propia empresa y aplicada a cualquiera de las diferentes áreas de actividad existente en la organización, que se realiza para comprobar. Mediante el examen y la evaluación de “evidencias objetivas”, que el sistema de calidad es adecuado para alcanzar los objetivos establecidos y ha sido desarrollado, documentado e implantado correctamente de acuerdo con los requisitos especificados.

Esta puede ser aplicada a la totalidad de áreas de la empresa o bien sólo a alguna de ellas. También se puede utilizar para evaluar de forma específica alguno de los elementos que conforman el Sistema de Calidad de la empresa.

**Objetivo de la Auditoría Interna del Sistema de Calidad.** En general, se realiza para conocer de forma objetiva el grado de cumplimiento o adecuación de todos los procesos que conforman el sistema de calidad, con respecto a lo establecido en la normatividad correspondientes.

Este conocimiento permitirá definir, en función de las *no – conformidades* detectadas las acciones correctivas y / o preventivas pertinentes. A partir de aquí se establecerá un *seguimiento* para asegurar el cumplimiento de dichas acciones, evitando en la medida de lo posible, la repetición de las anomalías detectadas.

El verdadero objetivo de la auditoría interna del sistema de calidad es “Impulsar desde la dirección de la empresa un proceso de mejora continua de la calidad, orientado a todas las áreas de la actividad y basado en el ciclo P-D-C-A (análisis, evaluación, informe, planeación, actuación y verificación) del Doctor Edward Deming”.

## 6. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

La primera parte del estudio establece un análisis y determinación de las condiciones de aplicación de los procesos de calidad bajo los lineamientos de la ISO y del CNA para el programa de ingeniería industrial, para ello se estableció un paralelo entre los requisitos de la norma ISO- 9000 versión 2000 y los lineamientos del CNA (factores) en la CUTB, de acuerdo al estudio tomado como referencia para este análisis<sup>3</sup>.

Con el establecimiento del sistema de calidad, el manual de calidad, los procedimientos se determinan los lineamientos para la definición del programa de auditorías internas de calidad, para garantizar el mantenimiento de los parámetros de calidad según el modelo establecido por la CUTB.

Una vez determinado el programa se realiza el plan de auditoría, se establece una lista de chequeo que no es más que la guía para el desarrollo del proceso de entrevista organizado por procedimientos e instructivos del sistema de calidad, posteriormente, se definen las actividades y los procesos a auditar.

Algunos de los procedimientos e instructivos que servirán de herramienta de análisis para la auditoría son: revisión del sistema de calidad, documentación del sistema de calidad, normas académicas, entrevista a estudiantes, control del diseño, control del proceso de enseñanza- aprendizaje, elaboración de horarios, estructuración de un plan de curso, evaluación académica del estudiante y evaluación del desempeño docente, entre otros.

Una vez definido lo anterior se realiza el diseño del plan de implementación utilizando para ello herramientas de control que establecen el cumplimiento de los objetivos y metas de gestión.

---

<sup>3</sup> Vease documento “Diseño del sistema de calidad para la CUTB”, Cruz Rodriguez Viviana, Villota Villamizar María Angélica , Pag. 10-17 2001.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- MANTILLA, Samuel Alberto. Control interno de los nuevos instrumentos financieros. ECOE EDICIONES. 203p.
- Declaraciones sobre las Normas de Auditoría S.A.S. Tomo I y II (Pag. 1 a 61). Instituto Mexicano de Contadores Públicos. A.C.
- Sinopsis de Auditoría Administrativa. Editorial Trillos. 1998. 245p.
- CEPEDA, Gustavo. Auditoría y Control Interno. Editorial Mc. Graw. Hill. 1997. 243p.
- POLA MESADA, Angel. PALOM RICO, Santiago. Gestión y Planeación Integral S.A. ISO-9000 y las auditorías de calidad. (Para empresas industriales y de servicios). Manual de trabajo y aplicación No. 4). 149p.
- Documento C.N.A. Consejo Nacional de Acreditación. Autoevaluación con fines de acreditación de los programas de Pregrado. Guía de Procedimiento CNA 02 - Segunda Edición. Santa fe de Bogotá, 1998. 1559p
- GUTIERREZ, Mario. Administrar para la Calidad. Conceptos Administrativos del Control Total de la Calidad. 2da Edición. Ed. Limusa. Centro de Calidad ITSM. México 1995. 291p.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CALIDAD. Sección de Calidad en la Educación de la asociación Española para la calidad. Propuesta de norma UNE – EN – ISO 9004-2 a los servicios educativos y de formación. 1era Edición. Madrid 1998. 65p.
- INCONTEC, Auditorías de calidad documentos de referencia ISO: NTC-ISO 8402, NTC-ISO 9001- NTC-ISO 10011-1 y NTC-ISO 10011-2, Servicio de Formación, 1999, 31p.
- PEÑA MOTTA, Pedro Pablo. Universidad y Acreditación. Retos para el Tercer Milenio. Editorial Kimpres Ltda. 1997. 206p.
- PULIDO, María Cristina. El proyecto educativo. Elementos para la construcción colectiva de una Institución de calidad. Cooperativa editorial Magisterio. 1996. 123p.
- DURAN ACOSTA, José Antonio. El proyecto educativo Institucional. Una alternativa para el desarrollo pedagógico – cultural. Cooperativa editorial Magisterio. 1994. 124p.
- Sistema Nacional de Acreditación. Lineamientos para la acreditación. Consejo Nacional de Acreditación. Segunda Edición. Junio de 1996. 120p.
- CRUZ RODRIGUEZ Viviana, VILLOTA VILLAMIZAR María Angelica. Diseño de un sistema de Aseguramiento de calidad para la Tecnológica de Bolívar. 2001. 599p

# **CARACTERIZACION GEOTECNICA Y MODELACION NUMERICA PARA LA MICROZONIFICACION SISMICA DE IBAGUE**

**Lucy Esperanza Martínez Flechas, Andrea Katherine Díaz Granados y  
Alfaro Castillo Andrés José  
Instituto Geofísico Universidad Javeriana  
Trv 4 # 42-00. Tel (571)3208320 ext 4731  
Bogotá - Colombia  
e\_mail: alfaro@javeriana.edu.co**

## **RESUMEN**

La ciudad de Ibagué ha sido denominada la capital musical de Colombia, supera los 350.000 habitantes, está ubicada entre los valles de los ríos Magdalena y Cauca a 220 kilómetros al suroccidente de Bogotá. Se encuentra en una zona amenazada por eventos sísmicos y volcánicos, las principales fuentes sísmogénicas corresponden a los sistemas locales de las Fallas de Ibagué, Buenos Aires y Chapetón-Pericos, que atraviesan el casco urbano de la ciudad; los sistemas de fallas regionales como el de la Palestina, a lo largo del valle del río Magdalena, y la sismicidad asociada a los volcanes cercanos: el Nevado del Tolima con 5215 msnm, el trágicamente recordado Nevado del Ruiz con 5300 msnm y el Volcán de tipo Caldérico Machín con 2650 msnm.

Se analizaron 274 perforaciones, donde los suelos predominantes son arenas arcillosas y limosas con capacidades portantes medias a altas. Con esta información, que incluye estratigrafía, densidades, resistencia de los materiales y eventualmente velocidades de ondas de corte, se realizó la estimación de 108 funciones de transferencia del suelo mediante modelación numérica identificando los periodos dominantes y niveles de amplificación de los suelos. Los periodos dominantes están concentrados entre 0.1 y 0.5 segundos los cuales coinciden con los de estructuras convencionales, generando potenciales problemas de resonancia. Constituyéndose estos trabajos de Investigación al interior de la Facultad de Ingeniería en un gran aporte para la Microzonificación Sísmica de la ciudad de Ibagué.

## **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA**

Mediante interpretación de fotografías aéreas (Insgeo y Concol, 2000 y Escobar, 2001) identificaron tres zonas montañosas con diferentes grados de susceptibilidad al deslizamiento. La primera (IIM) presenta una susceptibilidad media-baja, conformada por remanentes de lavas de composición

andesítica y basáltica, se aprecian antiguos cuellos volcánicos. La zona IIIM formada por suelos residuales del batolito de Ibagué y una susceptibilidad media-alta y la zona IVM constituida por depósitos coluviales y coluvio-aluviales del piedemonte y con una susceptibilidad alta.

La zona plana esta subdividida en 5 sub-zonas. La IP conformada por materiales de depósitos fluvio-volcánicos con buena capacidad portante, abarca la mayor parte de Ibagué, con un grado de susceptibilidad bajo. La sub-zona IIP conformada por suelos fluvio-volcánico, originados en el último ciclo del volcán Tolima calificados con susceptibilidad media-baja. La sub-zona IIIP conformada por depósitos piroclásticos con capacidad portante media-alta y susceptibilidad media. La sub-zona IVP compuesta por sedimentos de origen lagunar con baja plasticidad, calificada con susceptibilidad media-alta. La sub-zona VP esta constituida por materiales de las llanuras de inundación, con un nivel freático cambiante; y una susceptibilidad alta.

Martínez(2001) completó la caracterización geotécnica realizada por Insgo y Concol (2000) y Escobar(2001) a partir del análisis de los 274 sondeos, obteniendo, entre otros, la sectorización que se muestran en la Tabla No.1. En el cual se generaron nueve grupos de los suelos en diferentes clases, estratigrafías y profundidades

Tabla 1	Descripción de los Suelos según características geotécnicas similares(Martínez 2001)
Grupo Porcentaje de estudios	Descripción
1 3.6%	Gravas desde el nivel 0.0m, son materiales con IP entre 13 y 17%. Resistencia a la compresión inconfiada de 10,0 Kg/cm <sup>2</sup> . Humedad del 15% a 1m de profundidad.
2 12.7%	Arena con intercalaciones de finos hasta 2,0m de 2m hacia abajo hay presencia de grava y/o conglomerado, son materiales con IP entre 8% y 29 %. Resistencia a la compresión inconfiada oscila entre 0,7 y 1,9 Kg/cm <sup>2</sup> . Los valores de N del ensayo de penetración estándar varían de 20 golpes/pie a 4m de profundidad y 40 golpes/pie a 10,0m de profundidad.
3 12.7%	Arena y finos hasta 4,5m de 4,5m hacia abajo hay presencia de grava y/o conglomerado, son materiales con IP entre 9% y 38%. La humedad disminuye con la profundidad de 40% y 10%. En algunos se encontró presencia de nivel freático a 2,0m, 3,0m y 3,4m de profundidad.
4 3.6%	Arena hasta una profundidad de 7,2 de 7,2m hacia abajo hay presencia de grava y/o conglomerado, son materiales con IP entre % y %. La resistencia a la compresión inconfiada oscila entre 0,5 y 2,0 Kg/cm <sup>2</sup> . Los valores de N del ensayo de penetración estándar varían de 30 golpes/pie a 2m de profundidad y 50 golpes/pie a 3,0m de profundidad. El valor de humedad oscila entre 40 y 20%. Nivel freático a 1,0 y 2,6m de profundidad.
5 10.9%	Presencia de arena hasta 3m de profundidad, son materiales con IP muy bajos. El valor de N de 20 golpes/pie a 2,5m. La humedad oscila entre 10 y 30%.
6 16.4%	Suelo fino hasta una profundidad de 2,8m de 2,8m hacia abajo hay presencia de arena, son materiales con IP entre 5% y 35 %. La resistencia a la

Tabla 1	Descripción de los Suelos según características geotécnicas similares(Martínez 2001)
Grupo Porcentaje de estudios	Descripción
	compresión inconfínada oscila entre 1,0 y 3,0 Kg/cm <sup>2</sup> . Los valores de N del ensayo de penetración estándar varían de 5 y 15 golpes/pie a 2m de profundidad y 50 golpes/pie a 4,0 m. La Humedad oscila entre 40 y 15%.
7 10.9%	Presencia de suelo fino hasta una profundidad de 5,7m de 5,7m hacia abajo hay presencia de arena, son materiales con IP entre 2% y 29 % . La resistencia a la compresión inconfínada oscila entre 0,5 y 3,0 Kg/cm <sup>2</sup> . Los valores de N del SPT son de 15 golpes/pie a 2m de profundidad, 20 golpes/pie a 4,0m de profundidad, 35 golpes/pie a 6m de profundidad y varía entre 40 y 50 golpes/pie después de 10m de profundidad. La humedad oscila entre 40 y 10%.
8 21.8%	Presencia de suelo fino hasta una profundidad de 5,0m, son materiales con IP entre 10% y 40 % . La resistencia a la compresión inconfínada oscila entre 1,0 y 2,0 Kg/cm <sup>2</sup> . Los valores de N del ensayo de penetración estándar varía entre 10 y 30 golpes/pie a 2m de profundidad. El valor de humedad oscila entre 40 y 20%. Hay presencia de nivel freático a 1,0m, 2,0m, 2,4m y 2,7m de prof.
9 7.3%	Presencia de suelo orgánico hasta una profundidad de 1,7m, de 1,7m a 4,5m de profundidad hay presencia de material fino, de 4,5m hacia abajo se encuentra arena, son materiales con IP entre 10% y 30 % . El valor de humedad oscila entre 50 y 30%. Presencia de nivel freático a 3,0m de profundidad.

La tabla 1 sintetiza los múltiples análisis realizados por Martínez(2001), Martínez y Alfaro(2001a, 2001b). En ellos se analizaron las variaciones de las propiedades mecánicas con la profundidad y las propiedades índice.

## MODELACIÓN NUMÉRICA

De los 274 sondeos disponibles Díaz-Granados(2001) selecciono 108 que contaban con información más completa de características mecánicas para realizar modelación numérica de efectos locales mediante simulación unidimensional lineal equivalente (EduPro Civil Systems, 1999). La estimación de la velocidad de ondas de corte se realizó mediante las correlaciones de Ohta y Goto (1978), esta se estimó en función del resultado del ensayo de penetración estándar normalizado al 60% de la energía N Decourt (1989). Las curvas de variación del módulo de corte y de amortiguamiento se estimaron<sup>60</sup> según el modelo de Vucetic & Dobry (1991).

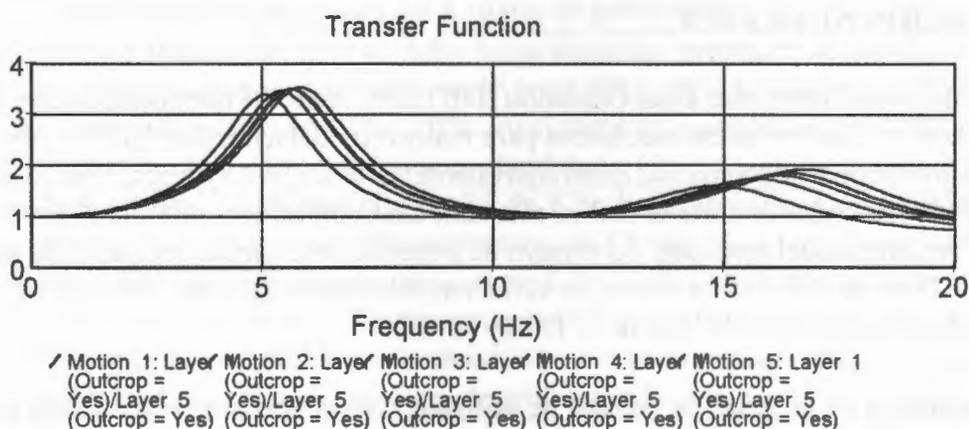
Para la selección de la señal de entrada se utilizaron cinco acelerogramas acordes al nivel de amenaza esperado para la zona en estudio. Los eventos sísmicos son aleatorios por lo que se requiere de un análisis de tipo estadístico, en el estudio se han utilizado 5 registros con magnitudes cercanas a la de la amenaza para Ibagué escalados al 20% de la gravedad. Los sismos utilizados en el análisis se presentan en la tabla 2.

Tabla 2 Sismos utilizados en el análisis y sus características		
Sismo	Fecha	Magnitud
Yerba Buena	1989 (sismo de Loma Prieta)	7.0
El Centro	1940 (sismo del Imperial Valley)	7.0
Petrolia	1992 (Sismo Cape Mendocino)	7.0
Topanga	1994 (sismo de Nortdridge)	6.7
Taft	1952 (sismo de Kern County)	7.4

El análisis en el dominio de la frecuencia, indica que los sismos de El Centro y Taft poseen amplios contenidos frecuenciales de 0.1 Hz a 10.0 Hz. En tanto que el sismo de Loma Prieta registrado en Yerba Buena posee contenidos frecuenciales bastante más estrechos.

De acuerdo con los estudios de Alfaro-Arias(2001) y Alfaro-Arias y Alfaro (2001), quienes analizaron los contenidos frecuenciales de cuatro fuentes sismogénicas colombianas a saber: Nido de Bucaramanga, Sistema de fallas de Atrato, sistema de fallas Romeral y el sistema de Fallas de Guaicaramo, se sabe que los contenidos frecuenciales están entre 0.03 Hz y 8.9 Hz, por lo tanto el registro de El Centro como el de Taft son representativos. La utilización de estos cinco registros busca simular el proceso estocástico de los sismos. Ejemplos de las funciones de transferencia estimadas se observan en la figura 1.

Los períodos dominantes encontrados están en el rango de 0.0 a 0.6 segundos de la siguiente manera: 15.6% entre 0-0.1s; el 40.4% entre 0.1-0.2s; el 22.0% entre 0.2-0.3s, el 8.3% entre 0.3-0.4s, el 6.4% entre 0.4-0.5% y el 7.3% entre 0.5-0.6s. Estos períodos corresponden a estructuras convencionales de mampostería y concreto reforzado menores a 20 plantas, es decir, correspondiendo con la tipología de la construcción en Ibagué.



**Figura 1: Funciones de Transferencia Estimada. (Díaz - Granados, 2001). Estudio No. 38, San José de Calanbeo. Coordenadas: 871950 - 984175. Capa Orgánica hasta 1.4m, limos y arcillas hasta 2.2 sobre arenas limo arcillosas (Martínez, 2001).**

En cuanto a los niveles de amplificación asociados el 99.1% corresponde a posible amplificación, distribuyéndose de la siguiente manera: entre 1 y 2 veces el 0.9%, entre 2 y 3 veces el 33.9%; entre 3-4 veces el 45.0% y entre 4 y 6 veces el 20.2%.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Las zonificación geotécnica presentada por Insgeo y Concol(2000) y Escobar (2001) es bastante general, La cual es complementada por la caracterización con datos de campo de Martínez(2001).

En la zona IP se presentan toda clase de materiales finos y gruesos, se encuentra en algunas zonas presencia de roca ligeramente meteorizada a una profundidad de 2m. En todas las zonas analizadas a excepción de la zona IP, no se encuentra presencia de materiales de alta compresibilidad, generalmente se encuentran materiales de baja compresibilidad, arenas y gravas pobremente gradadas. El nivel freático se encontró a 3,0m en las zonas IP, IVP y IVM, pero en general en Ibagué no se encuentra presencia de la tabla de agua.

Esta información ha permitido estimar adicionalmente funciones de transferencia mediante modelación numérica. Los períodos dominantes encontrados están en el rango de 0.0 a 0.6 segundos de la siguiente manera: 15.6% entre 0-0.1s; el 40.4% entre 0.1-0.2s; el 22.0% entre 0.2-0.3s, el 8.3% entre 0.3-0.4s, el 6.4% entre 0.4-0.5% y el 7.3% entre 0.5-0.6s. En cuanto a los niveles de amplificación asociados el 99.1% corresponde a posible amplificación, distribuyéndose de la siguiente manera: entre 1 y 2 veces el 0.9%, entre 2 y 3 veces el 33.9%; entre 3-4 veces el 45.0% y entre 4 y 6 veces el 20.2%. De tal forma que el panorama no es nada alentador, ya que aunque los suelos de la ciudad de Ibagué presentan buena capacidad portante, bajos asentamientos y poca presencia de nivel freático, los períodos dominantes coinciden con los de las construcciones existentes y las amplificaciones estimadas son importantes.

Es importante resaltar que se debe acceder a más estudios de suelos para lograr una caracterización geotécnica más completa y probablemente encontrar presencia de nuevas zonas. También se deben adelantar campañas específicas de prospección geofísica para la determinación de las velocidades de ondas de corte de los diferentes materiales y la profundidad a la que se encuentra el basamento rocoso. Adicionalmente se deben extraer muestras para la realización de ensayos dinámicos con el fin de determinar las curvas de degradación del módulo de cortante y del amortiguamiento.

Este proyecto de investigación, iniciado en diciembre de 1999, en el cual han participado investigadores, profesores y estudiantes de ingeniería de último semestre es un ejemplo de la formación en ingeniería para el tercer milenio y es a su vez un aporte para la microzonificación de esta importante ciudad colombiana.

## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece al Ingeniero Hugo Albarello Bahamon, Curador Urbano de Ibagué, por permitir el acceso a los estudios de suelos para la realización de la caracterización geotécnica con datos de campo. A la Geóloga Marcela Jaramillo y al Ing. Victor Giraldo por sus múltiples comentarios, al Dr Ing. Guillermo Pabón por revisar los Trabajos de Grado de Patricia Escobar, Andrea Díaz y Lucy Martínez.

## REFERENCIAS

- AIS, INGEOMINAS Y UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia. (1996) Bogotá.
- ALFARO, C. "Caracterización en el dominio de la frecuencia de sismos colombianos" (2001) Proyecto de Grado. Facultad de Ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- ALFARO, C Y A. ALFARO "Caracterización en el dominio de la frecuencia de sismos colombianos registrados en la estación BOCO" (2001) *Memorias del I Congreso Internacional y XII Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil, ANEIC 2001*. Disponible en <http://ainsuca.jeveriana.edu.co/geofisico/documentos>.
- DÉCOURT, L "The Standart Penetration Test, State of the Art Report." (1989).
- DIAZ-GRANADOS, A. Modelación Numérica de Efectos Locales en Ibagué. (2001) Pontificia Universidad Javeriana. Proyecto de Grado. Bogotá
- EDUPRO CIVIL SYSTEMS, INC EduShake Versión 1.10. (1999). Redmond.
- ESCOBAR, P. "Microzonificación Sísmica Preliminar de Ibagué". (2001) Pontificia Universidad Javeriana. Proyecto de Grado. Bogotá
- INSTITUTO GEOFÍSICO UNIVERSIDAD JAVERIANA Y CONSULTORÍA COLOMBIANA "Microzonificación Sísmica Preliminar de Ibagué".(2001). Bogotá
- MARTÍNEZ, L.E., "Caracterización Geotécnica de Ibagué". (2001). Pontificia Universidad Javeriana. Proyecto de Grado. Bogotá.
- MARTÍNEZ, L.E. Y A. ALFARO, Avances en la Microzonificación Sísmica de Ibagué con datos de campo. (2001a). *Memorias del I Congreso Internacional y XII Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil*. ANEIC 2001. Bucaramanga.
- MARTÍNEZ, L.E. Y A. ALFARO, Avances en la Microzonificación Sísmica de Ibagué-Colombia con datos de campo. (2001b). *Memorias del II Congreso Iberoamericano de Ingeniería Sísmica*. Madrid.
- OHTA, Y. AND N. GOTO Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristics soil indexes, (1978). *Earthquake Eng. Struc. Dyn.*, 6, 167-187.
- VUCETIC, M. Y R. DOBRY, Effect of Soil Plasticity on Cyclic Response, 1991, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, Vol 117, No. 1, Paper No. 25418

# LA VINCULACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO CON SU ENTORNO SOCIOECONÓMICO

**Autores: AMAR, P; MANJARES, L; NARANJO, G; ORTEGA, M y VEGA, J**

**Institución: Universidad del Atlántico – Facultad de Ingeniería**

**Email: paolaamar@hotmail.com**

**Teléfonos: 3598738/ 3577946 - Fax: 3577946**

## RESUMEN

Durante los últimos años en todos los países se ha producido un interés creciente por la innovación y su relación con el desarrollo económico. La innovación surge, o mejor, se hace visible en la empresa, y es el resultado de un conjunto de valores añadidos producidos cuando tienen lugar interacciones entre los actores diversos del Sistema de Innovación: grupos de científicos de investigación, especialistas de centros técnicos, técnicos de empresas de ingeniería o de bienes de equipo, profesionales de las instituciones financieras, suministradores, clientes y personal de las administraciones públicas.

En esta concepción de la innovación como proceso que tiene lugar en un sistema integrado, el papel de las universidades adquiere nuevas perspectivas. Estas ya no pueden situarse al margen de la sociedad, sino que deben estar comprendidas en el desarrollo socioeconómico y cultural de su entorno. Han de estar en el corazón de la sociedad y ser atravesadas por múltiples corrientes de opinión e influencias y deben ser capaces de analizarlas, contrastarlas, combinarlas y orientadas.

Con base en lo anteriormente expuesto, la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico participa de toda esta sensibilidad, se reconoce y potencia como un actor en estas escenas. Para impulsar las actividades de investigación y desarrollo así como para favorecer, enmarcar y dinamizar las relaciones eficientes y eficaces con el entorno socioeconómico, durante estos últimos años se ha ido fortaleciendo su oferta tecnológica, mediante la normalización, reactivación y promoción de grupos de investigación. Una herramienta para poder lograr este objetivo, la cual nació a partir de la sugerencia del sector productivo se creó un centro de investigación multidisciplinar capaz de transferir el conocimiento generado por la universidad al sector externo. Es así, que el Centro de Investigaciones y Desarrollo Empresarial del Caribe (CIDERC) se constituye como un ente gestor, promotor y articulador de la investigación de la facultad hacia el entorno, orientado a apoyar el mejoramiento de la productividad, la competitividad y de la calidad de vida en la Región Caribe.

La siguiente comunicación tiene como objetivo mostrar un modelo de transferencia de conocimiento del centro a partir de su experiencia, avances y diferencias.

## **1. ANTECEDENTES.**

La evidencia señala que el crecimiento económico alcanzado por muchos países industrializados y otros de reciente industrialización, se deriva en gran parte de la reconversión y modernización de sus estructuras de producción y de servicios, fundamentada en las capacidades para generar tecnologías y adaptarlas de forma eficiente en el tejido empresarial. Para tal efecto resulta imprescindible el fortalecimiento de los vínculos y mecanismos de cooperación entre las universidades y empresas, como estrategia para garantizar la difusión y transferencia tecnológica.

El estudio de las relaciones de la universidad con su entorno socioeconómico ha sido un tema recurrente en los últimos años, tratado con más voluntarismo que conocimiento del fenómeno. Ello ha tenido como consecuencia que en la mayoría de los países iberoamericanos, los logros obtenidos por las universidades en este campo han sido más bien pequeños, con las excepciones que confirman la regla (Fernández, 1996).

En términos generales, apartando las especificaciones enmarcadas en los diversos tipos de relación que pueden emprender la universidad y la empresa, éstas dependen de las condiciones existentes en su entorno, determinadas en gran medida por las políticas y programas adoptados por las entidades de gobierno.

En este sentido, aterrizando en el ámbito nacional, se han acometido varios esfuerzos orientados a articular las actividades de docencia e investigación de las universidades con las necesidades y requerimientos de su entorno socioeconómico, en aras de consolidar el Sistema Nacional de Innovación.

Dichos esfuerzos se han materializado fundamentalmente, en la creación de diversos instrumentos de fomento de tipo financiero destinados a incentivar la oferta tecnológica de las universidades. Un ejemplo de estos instrumentos, lo constituye el recientemente creado FOMIPYME, el cual otorga recursos financieros a las micro, pequeñas y medianas empresas, para la realización de actividades y proyectos de modernización empresarial e innovación tecnológica, siempre y cuando estos se realicen de manera conjunto con las universidades o cualquier centro de investigación. A estos mecanismos se le suman la cofinanciación ofrecida por otras entidades públicas como el SENA y COLCIENCIAS.

Considerando el marco expuesto anteriormente, parece conveniente pensar que el desarrollo de procesos dinámicos de cooperación entre la Universidad y las Empresas, constituye un elemento positivo para promover el desarrollo económico y social de las regiones.

## **2. APROXIMACIÓN TEÓRICA**

El fenómeno de la innovación tecnológica depende fuertemente de la existencia de innovadores. Pero no menos cierto es que difícilmente hay innovación si los innovadores no están insertos en un determinado entorno que, de una u otra forma, incentive o, al menos, haga posible el despliegue de las iniciativas de innovación tecnológica. Dicho de otra forma, la evolución tecnológica de un país no depende sólo de la iniciativa, el empuje y los conocimientos de algunos científicos. Esa evolución

también depende de un conjunto de condiciones económicas, sociales e institucionales, establecidas y maduras en el tiempo, y de otros actores que, en forma directa e indirecta, actual o potencial, intervienen en los procesos de innovación tecnológica.

Ese conjunto de procesos, condicionantes y agentes interrelacionados entre sí son los que dan sustento a la existencia de Sistema Regional de Innovación (SIR). Mientras más rica y compleja sea esta trama, mayores serán las oportunidades de desarrollo de la base tecnológica regional. El concepto de SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN proporciona un enfoque holístico e interdisciplinario. Toma en cuenta, además del esfuerzo formal de investigación y desarrollo, los numerosos actores e instituciones, tanto públicas como privadas, que participan en el proceso de generación y difusión del conocimiento y de las innovaciones. Considera que las mutuas interacciones entre los mismos son imprescindibles para lograr un desempeño fructífero tanto a nivel privado como social.

Teniendo en cuenta la definición que sugiere Lundvall y que retoman Fernández de Lucio y Conesa en su trabajo sobre el Sistema Español de Innovación (SEI) tenemos que un Sistema Nacional y/o Regional de Innovación se caracteriza por un conjunto de elementos y las relaciones que se viene a establecer entre ellos. Los **elementos** (empresas, centros de investigación, universidades, entes financieros, centros tecnológicos, etc.) junto a las estructuras de interfaz definen la estructura del sistema. Las **relaciones** son aquellas que se producen entre los elementos que lo configuran.



El tipo de actuaciones que favorecen las relaciones, según el trabajo de Fernández de Lucio y Conesa, se caracteriza por dos formas o mecanismos: las **Estructuras de Interfaz (EDI) o instrumentos de fomento de las interacciones** (Fernández de Lucio y Conesa, 1996). Una **Estructura de Interfaz** es una unidad establecida en un entorno o en su área de influencia que dinamiza, en materia de innovación tecnológica, a los elementos de dicho entorno o de otros y fomenta y cataliza las relaciones entre ellos.

Una de las actividades principales de las EDIS del entorno científico o del Sistema Regional de Innovación es lograr la vinculación universidad-sector externo. En general, y sobre todo en el ámbito político, la superficialidad con que se trata este tema se pone de manifiesto en la propia utilización del término, sin matices, para cualquier relación entre universidades y empresas (RUE). Cuando se habla de las relaciones entre empresas y universidades en materia de I+D y de innovación, se suele considerar que existe una Universidad y una Empresa media ideal y que, por lo tanto, los juicios que se emitan sobre estas relaciones son prácticamente válidos para todos, tanto para las relaciones entre una universidad puntera y una multinacional de un país desarrollado, como para las existentes entre una universidad de primer nivel y una PYME en un país en vías de desarrollo. Pero nada más lejos de la realidad: bajo las denominaciones genéricas de Universidad y Empresa se esconden realidades muy dispares. Descender al detalle en el análisis del tipo de universidad y de empresa que se relacionan o pretenden relacionarse, es fundamental para que la relación se aborde con mayor éxito.

En esta comunicación relacionamos todos los esfuerzos que la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico realiza con el fin de impulsar las actividades de investigación y desarrollo así como para favorecer, enmarcar y dinamizar las relaciones eficientes y eficaces con el entorno socioeconómico.

### **3. CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO EMPRESARIAL Y REGIONAL DEL CARIBE (CIDERC)**

Para impulsar las actividades de investigación y desarrollo así como para favorecer, enmarcar y dinamizar las relaciones eficientes y eficaces de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico con el entorno socioeconómico, durante estos últimos años se ha creado y consolidado la oferta tecnológica, mediante la normalización, reactivación y promoción de grupos y la creación de un centro de investigación que permita aglutinar esos esfuerzos y ofrecer servicios de forma visible y unificada al sector externo.

**El CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO EMPRESARIAL Y REGIONAL DEL CARIBE (CIDERC)** constituye el ente gestor, promotor y articulador de las actividades de investigación y desarrollo de la Facultad hacia el entorno, orientado a apoyar el mejoramiento de la productividad, la competitividad y de la calidad de Vida en la Región Caribe.

De acuerdo con la Misión y políticas de la Facultad de Ingeniería en materia de investigación y de proyección social, este centro se consolida como un espacio, donde se proyecta y potencia la oferta científico tecnológica real de la Facultad hacia las necesidades del entorno socio-económico y a su vez se retroalimenta con las redes de inteligencia tecno-económicas, provenientes de sus interrelaciones con otros centros similares, con las empresas, con entidades gremiales, entidades gubernamentales y redes científicas.

El centro propicia un movimiento sistémico, dinámico e interactivo de la generación y la transferencia del conocimiento desde la Universidad hacia el sector productivo de la Región Caribe, en un marco de relaciones interdisciplinarias e interinstitucionales, tanto al nivel local, regional, nacional e internacional.

El CIDERC, con la participación de profesores e investigadores, estudiantes de pregrado y postgrado, y colaboradores de otras instituciones, desarrolla actividades de generación, transferencia y asimilación de conocimientos y tecnologías, de servicios técnicos y de capacitación en las diversas áreas en que el CIDERC actúa, contribuyendo a la formación de una cultura innovadora tanto a nivel interno como en su entorno socio-económico.

Teniendo en cuenta los anteriores recursos científico-técnicos, la Universidad del Atlántico en estos momentos se encuentra participando activamente en macroproyectos de gran envergadura para el desarrollo de la región como el Parque Tecnológico de Barranquilla, en el que esta trabajando en conjunto con diferentes instituciones del entorno socioeconómico como la Cámara de Comercio, PROBARRANQUILLA, Universidad del Norte, entre otros. También se están realizando actividades de investigaciones conjuntas como el programa de mejoramiento continuo en la Gestión Eficiente de la Energía, Mejoramiento de los Sistemas de Calidad, la Caracterización y Prospectiva de la

Innovación de los diferentes actores de del Caribe Colombiano y estudios socio – ambientales, entre otros, con diferentes entidades publicas y privadas (Dadima, CRA, SENA, DANE, PROMIGAS, ECOPETROL, GRALCO, GRIFFIN, MONÓMEROS, Cámara de Comercio, ANDI, Incubar del Caribe, FUNDESARROLLO, Unibol, Coolechera, ITSA entre otras)

#### 4. ORGANIZACIÓN DEL CIDERC

El CIDERC esta concebido de forma sistémica a partir de un conjunto de elementos y sus interacciones con el fin de unificar y formalizar los esfuerzos que se han llevando a cabo, de manera poco integrada, en la facultad de ingeniería con el entorno socioeconómico.

Los elementos que componen al CIDERC son:

- **Oficina de Investigaciones**, la cual tiene dos objetivos, el fortalecimiento de la investigación en la facultad y monitorear las necesidades del sector industrial y ofertar los servicios científico-tecnológicos de los diferentes grupos de investigación, la oferta tecnológica se encuentra enmarcada en las siguientes líneas de investigación:
  - o Gestión Eficiente de la Energía
  - o Productividad y Competitividad
  - o Ingeniería ambiental y salud ocupacional
  - o Procesos y tecnologías agroindustriales.
  - o Caracterización y usos del carbón
  - o Análisis, simulación y control de procesos fisico- químicos
  - o Automatización y Robótica
  - o Catálisis
  - o Polímeros
  - o Educación y enseñanza de la Ingeniería
- **Oficinas de Practicas Industriales**, encargada de promover la movilidad estudiantil en el entrono productivo con el fin de monitorear el grado de pertinencia entre las necesidades reales de las empresas y las habilidades adquiridas por los estudiantes durante su etapa de formación.
- **Oficina de Egresados**, tiene como principal finalidad hacer un seguimiento de la labor desempeñada por los egresados en el entorno socioeconómico y el impacto en la sociedad con el fin de optimizar las relaciones de la facultad con el entorno.
- **Oficina de Postgrados**, tiene como principal finalidad diseñar coordinar y ejecutar programas de educación continua acordes con las necesidades de formación del entorno socioeconómico.

#### 5. AVANCES Y OBSTÁCULOS PARA EL DESARROLLO DEL CIDERC.

Dentro de los avances más significativos se encuentran:

1. Definición explicita de la oferta tecnológica real de la Facultad
2. Proceso positivo en la consientización dentro de los grupo de investigación de la importancia de la vinculación de sus investigaciones al sector productivo.

3. La Facultad de Ingeniería cada día más se está posicionando como un grupo multidisciplinar de referencia para el apoyo de los procesos de desarrollo tecnológico.
4. El proceso de descentralización que actualmente existe en la universidad.
5. La participación en proyectos de envergadura regional

Dentro de las dificultades más relevantes son:

1. Los continuos ceses de actividades de la universidad.
2. La transición que han tenido que pasar los grupos de investigación de tener mayor proporción de investigación básica dentro de sus quehaceres y pasar a mayor dedicación a la investigación aplicada.

## **6. CONCLUSIONES**

En síntesis, la Universidad del Atlántico considera ineludible adoptar la estrategia de una universidad emprendedora que contribuya a la integración de la ciencia y la tecnología en el sistema sociocultural y transmitir a nuestra sociedad una cultura innovadora, solidaria y respetuosa con el medio y las generaciones futuras. Estamos convencidos de que la Universidad ha de asumir, hoy más que nunca, este papel de guía y referencia de la sociedad, ya que se percibe un cambio cultural sin precedentes para lo que será el trepidante y cambiante siglo XXI.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

CINDA (1995). La cooperación Universidad- empresa. Santiago de Chile

FERNÁNDEZ DE LUCIO, Ignacio, CASTRO, Elena, CONESA, Fernando. (2000) . Una Visión Crítica de las Relaciones Universidad - Empresa: El papel de las Estructuras de Interrelación. OTT. CTT. INGENIO. Valencia, 2000.

FERNÁNDEZ DE LUCIO, Ignacio. (2000) Las Relaciones Universidad - Empresa: Entre la Transferencia de Resultados y el Aprendizaje Regional. Espacios. Caracas, Venezuela,:

Fernández de Lucio, I., y Conesa Cegarra, F., (Coordinadores), (1996), "Estructuras de interfaz en el Sistema Español de Innovación. Su papel en la difusión de tecnología", Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

# UNA EXPERIENCIA EFECTIVA DE REDIRECCIONAMIENTO CURRICULAR

Ing. Msc. Jaime Alberto Leal Afanador

## resumen

La experiencia que a continuación ustedes encontrarán, es el resultado del ejercicio de Capacitación Acción realizado durante cerca de 18 meses por los integrantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Buenaventura, y en el cual se redireccionaron Curricularmente los programas de Ingeniería: Aeronáutica, Mecatrónica, Electrónica, Sistemas y Sonido, dentro de los siguientes propósitos de formación:

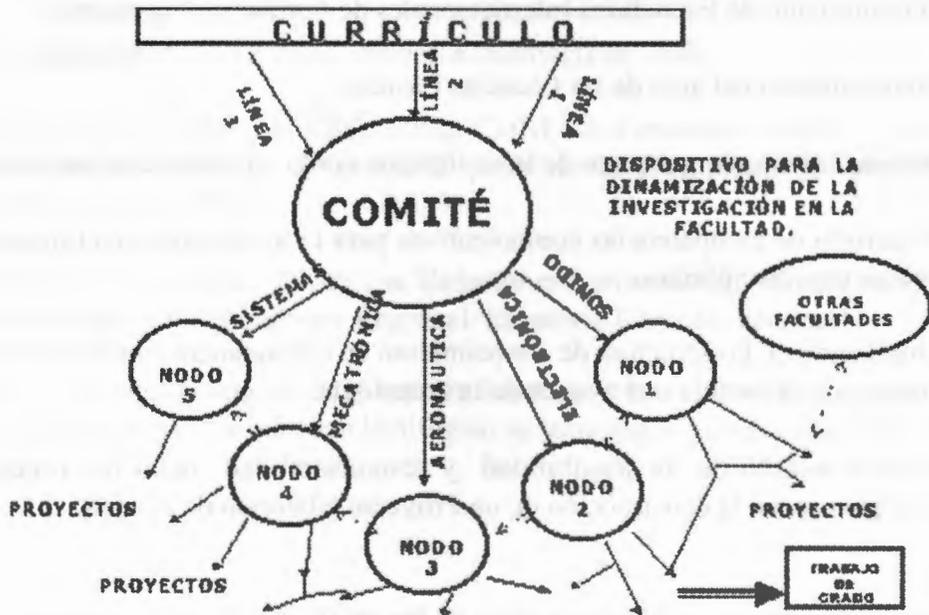
- 1 La definición colectiva del enfoque curricular y la epistemología de formación Ingenieril Bonaventuriana.
- 2 Cumplimiento de Estándares Internacionales de Formación Ingenieril.
- 3 Afianzamiento del área de las Ciencias Básicas
- 4 Fortalecimiento de procesos de investigación como eje transversal de la formación
- 5 Desarrollo de competencias comunicativas para la interacción en el mundo globalizado y el trabajo interdisciplinario.
- 6 Ampliación de la estructura de conocimiento en consonancia con los nuevos desarrollos en la frontera de la ciencia y el avance de la tecnología.
- 7 Fortalecimiento de la sensibilidad y responsabilidad social del Ingeniero como agente protagónico en la construcción de un Proyecto Histórico de Nación.

A continuación una breve síntesis gráfica de los resultados de la experiencia:

# FACULTAD DE INGENIERÍA

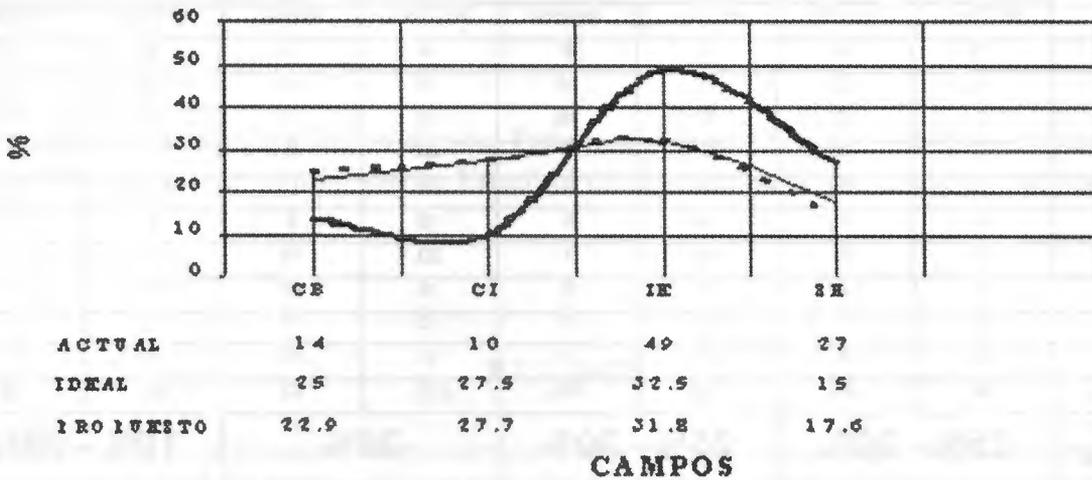
- Presentación
- Introducción
- Justificación
- Perfiles
- Objetivos
- Visión Sistemática
- Parámetros Comparativos
- Investigación
- Campos de Formación
- Núcleos Temáticos
- Programas Analíticos
- Mapa Curricular
- Mapa de Prácticas

## PLAN DE REDIRECCIONAMIENTO CURRICULAR



## CURRÍCULO 2000 Vs. PARÁMETROS IDEALES

ACTUAL  
  IDEAL  
  PROPUESTO



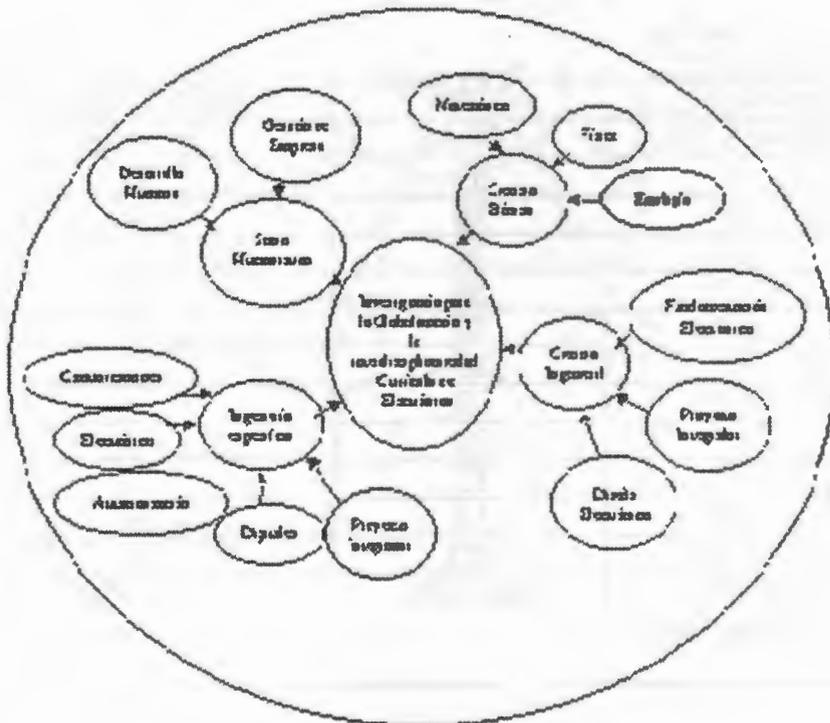
## HORAS ACTUALES Vs REDIRECCIONADO

CURRÍCULO SEMESTRES	ACTUAL HORAS	REDIRECCIONADO HORAS
1°	32	30
2°	36	31
3°	30	27
4°	30	29
5°	32	27
6°	36	27
7°	28	27
8°	32	24
9°	32	23
10°	14	16
<b>TOTAL</b>	<b>302</b>	<b>261</b>
<b>PARAMETRO INGENIERIA</b>	<b>300-320</b>	<b>220-260</b>

**TABLA N°-3**  
**COMPARACION POR CAMPOS, ACTUAL V; REDIRECCIONADO**

SEM	CIENCIA BASICA		CIENCIA ING.		ING. ESPECIF.		SOCIO-HUMAN.	
	ACTUAL	REDIR	ACTUAL	REDIR	ACTUAL	REDIR	ACTUAL	REDIR
1°	18	18	0	8	6	0	8	3
2°	12	12	0	15	16	0	9	3
3°	6	6	0	18	16	0	8	3
4°	6	12	0	8	22	6	4	3
5°	6	6	12	6	12	12	8	3
6°	0	6	10	6	13	8	8	7
7°	0	2	0	2	20	18	4	7
8°	0	2	0	0	16	13	12	7
9°	0	0	0	0	18	16	12	7
10°	0	0	0	0	4	10	8	2
TOTAL	48	64	22	63	148	83	81	45
PARA	<b>25% - 30%</b>		<b>25% - 30%</b>		<b>30%</b>		<b>10% - 20%</b>	
MEFROB								

### NUCLEOS



# HACIA UN NUEVO CONCEPTO DE APERTURA CURRICULAR EN INGENIERÍA DE ALIMENTOS

**Benavides Salazar, Claudia\*;** **Ceballos Peñaloza, Adela\*;** **Sánchez Toro, Oscar Julián\***  
**\*Departamento de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de Caldas**

## RESUMEN

Se presenta una nueva propuesta de apertura curricular para programas universitarios de Ingeniería de Alimentos la cual se fundamenta en la flexibilidad y direccionalidad del plan de estudios, la contextualización con el entorno social y la articulación del currículo. Se analiza cómo la estructuración de niveles de formación, la decisión de privilegiar los aspectos humanísticos en la enseñanza, la nuclearización curricular, la adopción de un sistema de créditos, la disminución de la presencialidad, la recreación del conocimiento por parte de los propios estudiantes, entre otros aspectos, conlleva a la integración de un currículo dinámico y flexible capaz de autogestionar sus propios cambios. Se propone implementar un núcleo de proyectos orientados a que el estudiante cree empresas, genere conocimientos y adquiera experiencia profesional.

## FUNDAMENTOS DE LA APERTURA CURRICULAR

La Universidad de Caldas ha definido como uno de sus proyectos estratégicos la implementación de una ambiciosa reforma a sus currículos, de tal manera que se genere un verdadero impacto de la Universidad sobre el entorno social<sup>1</sup>. Se propone entonces un modelo de implementación de reforma curricular al programa de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Caldas, que se fundamenta en la aplicación a profundidad de los cuatro principios rectores del cambio curricular: flexibilidad, articulación, direccionalidad, y contextualización.

Se partió del concepto de que la Ingeniería de Alimentos busca el aprovechamiento óptimo de los recursos alimentarios naturales y sintéticos con el fin de que la población tenga acceso a alimentos nutritivos, sanos, inocuos, de alta calidad y que su producción sea competitiva en los mercados nacionales e internacionales, elevando así el nivel socio-económico del entorno a través de la creación y gestión de empresas y la generación de agroindustria.

La reforma al currículo debe por tanto involucrar los mencionados principios rectores y corresponder a lo que la Sociedad espera de sus ingenieros de alimentos<sup>2</sup>. La *flexibilidad* se evidencia en la conformación de núcleos temáticos y problemáticos y en el alto porcentaje de créditos optativos que le permiten a los estudiantes reafirmar sus individualidades y satisfacer sus expectativas.

La *articulación* entre los componentes del currículo, permite que haya una armonización y una secuencia lógica en la apropiación del conocimiento, que se hace evidente con la práctica investigativa y con el planteamiento de una serie de proyectos, a través de los cuales los estudiantes, fundamentados en el conocimiento adquirido, plantean soluciones a los problemas extraídos del sector productivo o de la Sociedad, propiciándose así el acercamiento entre la Universidad, la empresa y las comunidades.

La oportunidad de abordar problemas reales del entorno y aportar soluciones requiere de la vinculación de los estudiantes a los procesos investigativos, la puesta en marcha de la cátedra abierta y la creación de un espacio en el que docentes y estudiantes puedan potenciar sus capacidades e individualidades, satisfaciendo a su vez sus necesidades e intereses. Se aplica así la *direccionalidad* del currículo, en cuanto capacidad de orientarlo para atender y desarrollar las funciones propias de la Universidad. Finalmente, la *contextualización* del currículo con el medio se logra al lograr que el egresado obtenga un perfil profesional y ocupacional tal que responda a las necesidades dinámicas y cambiantes del entorno social.

La definición del perfil del ingeniero de alimentos se llevó a cabo considerando las necesidades de las comunidades y el sector productivo, para lo cual se hizo un acercamiento con los empresarios del sector de alimentos con el fin de que siguieran de cerca el proceso de reforma, planteando sugerencias y delineando el perfil del Ingeniero de Alimentos que el medio requiere. Igualmente se consultaron pares académicos externos de universidades, centros de investigación nacionales, entidades gubernamentales, otros programas de Ingeniería de Alimentos del país y del exterior<sup>3,4,5</sup>, el Estudio de Competitividad de Caldas y los Planes de Desarrollo del Gobierno, entre otros, para así identificar las necesidades que en materia agroalimentaria presentan las comunidades de la región y del país.

A nivel interno se tuvo en cuenta la evaluación rigurosa del antiguo programa de Ingeniería de Alimentos basado en asignaturas relacionadas mediante prerrequisitos en un rígido sistema de bloques, así como los puntos de vista de sus docentes y estudiantes. Del respectivo análisis se concluyó que el perfil debe ser enfocado a que el Ingeniero de Alimentos gestione y cree empresa, tenga capacidad de liderazgo, tenga una alta formación humanística y ética, demuestre una gran sensibilidad social, posea sólidos conocimientos técnicos e ingenieriles, genere conocimientos y promueva la investigación.

Se decide adoptar un currículo integrado a través de su nuclearización. Los núcleos como unidad académica y punto de encuentro de las disciplinas y saberes profesionales, están soportados en un colectivo multidisciplinario de profesores encargado de diseñar las estrategias para que docentes y estudiantes permanentemente resuelvan problemas de la realidad-objeto de transformación aprovechando bibliografía pertinente, la investigación participativa y la interacción de la reflexión

con la acción, la ciencia y la técnica con la ideología y la Universidad con la Sociedad. De esta manera, las diferentes asignaturas no son materias de estudio aisladas y pasan a alimentar y contribuir al desarrollo de los núcleos<sup>6</sup>.

## ESTRUCTURACIÓN CURRICULAR

Para alcanzar la integralidad que se desea conferir al Ingeniero de Alimentos es necesario contar con una estructura curricular por niveles de formación que incluya asignaturas y núcleos, además de un sistema de créditos. La Figura 1 muestra la estructura general para el programa de Ingeniería de Alimentos, la cual está constituida por un área de formación general y tres niveles de formación: disciplinar, profesional y profundización. Los porcentajes indican el peso de cada área y nivel dentro del currículo. La flecha indica la transversalidad de los procesos de investigación y extensión, que permean el currículo, como se evidenciará más adelante.



Se determina que se conforman núcleos en los niveles de formación profesional y de profundización, quedando el nivel de formación disciplinar conformado por asignaturas. Sin embargo se contemplan algunas asignaturas para complementar los núcleos del nivel de formación profesional.

Figura 1. Estructura general del Programa de Ingeniería de Alimentos

El crédito se define como el reconocimiento académico del trabajo presencial y no presencial del estudiante<sup>2</sup>. En principio, se determina para un crédito una cantidad de 15 horas presenciales de trabajo directo del estudiante con el docente y 30 horas no presenciales de trabajo del estudiante. Para Ingeniería de Alimentos se estableció un total de 300 créditos en cinco años, con lo que necesariamente se reduce la presencialidad y se hace imperativo adoptar nuevas prácticas pedagógicas orientadas a que sea el estudiante el protagonista de su propia formación. En este orden de ideas son fundamentales la implementación de talleres integrales y la utilización de tecnologías informáticas y de simulación.

Si bien esta estructura corresponde al modelo general para programas de pregrado de la Universidad de Caldas, se resalta el hecho de que el nuevo programa de Ingeniería fortalece el área de formación general, y define como uno de sus pilares fundamentales la formación integral del Ser Humano. Se ofrece entonces la oportunidad a la persona de afianzar valores, desarrollar aptitudes artísticas y creativas, cimentar actitudes de comportamiento social y ciudadano, fomentar la práctica del deporte y la recreación, confrontar escuelas de pensamiento y consolidar una filosofía de vida. Lo anterior se operativiza a través de la libre elección de los créditos y cursos correspondientes al área de formación general de acuerdo a los gustos del estudiante. Especialmente importante es que los futuros profesionales desarrollen sus capacidades de liderazgo y desarrollen su creatividad, aspectos estos de especial relevancia para la práctica profesional de todo ingeniero y que frecuentemente son olvidados en los planes de estudio.

En el nivel de formación disciplinar se fundamenta la formación del Ingeniero de Alimentos, considerándose en tal sentido que las disciplinas básicas deben observar la rigurosidad, secuencialidad y obligatoriedad propias de las Ingenierías. Se ha realizado un diseño profundo de los contenidos de estas disciplinas a fin de incluirlas como obligatorias dentro de todos los programas de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Caldas. Igualmente se han definido los contenidos que siendo disciplinares, pueden ofrecerse como optativos.

Al nivel de formación profesional corresponde lo relacionado con el saber propio de la ingeniería de alimentos. El estudiante relaciona los conocimientos adquiridos en el nivel disciplinar y, mediante la comprensión y aplicación de ellos para la búsqueda de soluciones a problemas reales, estructura su pensamiento ingenieril y adquiere habilidades técnicas y operacionales que lo capacitan para el ejercicio de su profesión. En suma, se instruye al futuro ingeniero para que pueda intervenir en todo el proceso productivo y a su vez sea agente generador de desarrollo en el sector de alimentos.

Este nivel lo conforman tres grandes subniveles: Tecnológico, Ingeniería y Gestión Empresarial. El subnivel tecnológico se centra en el desarrollo de las habilidades necesarias para la transformación de las materias primas alimentarias a través del análisis de sus componentes y sus interacciones, la apropiación de las diferentes tecnologías específicas (cárnicos, pescados y mariscos, lácteos, vegetales, panificación, grasas y aceites, etc.), la aplicación de la biotecnología en diferentes procesos de elaboración y transformación de alimentos y la evaluación de las materias primas y productos terminados. El objeto de estudio es el alimento y tiene un alto componente práctico y creativo siendo muy importante en la formación del Ingeniero de Alimentos ya que le brinda elementos teórico-prácticos muy propios del quehacer de este profesional, facilitándole así la solución de problemas tecnológicos.

El subnivel de ingeniería tiene como objeto de estudio los procesos industriales, a través del estudio y análisis de las operaciones unitarias empleadas en el sector de alimentos, su optimización, la selección y el dimensionamiento de sus equipos y el control de variables de tal forma que capaciten al ingeniero para el diseño, montaje y control de procesos.

El subnivel de Gestión Empresarial tiene como objeto de estudio la empresa incluyendo su gestión, administración y gerencia y el análisis de las operaciones de mercadeo, financieras y de producción en la misma. Se ha encontrado que las mayores expectativas que genera un profesional en Ingeniería de Alimentos, es el de ser gestor de empresas de tal manera que realmente pueda intervenir en la solución de problemas de índole socio-económico de la región y el país, básicamente mediante la generación de empleo.

El nivel de profundización consta de dos núcleos: el de énfasis y el de proyectos. El núcleo de Énfasis permite al estudiante tener la posibilidad de optar por múltiples alternativas de desarrollo profesional, las llamadas líneas de énfasis, en áreas específicas del conocimiento o temáticas de su interés ofrecidas por los diferentes departamentos de la Universidad. Las líneas de énfasis responden a las necesidades detectadas en el medio (sector productivo, comunidades, entorno social), a los resultados de las investigaciones realizadas por los colectivos de docentes, o en general a temas que apunten a las perspectivas de desarrollo competitivo de la región y que permitan que el egresado

de la Facultad de Ingeniería se inserte en los procesos de desarrollo regional y nacional. Este núcleo es de carácter electivo y la oferta se actualizará permanentemente en la medida en que se desarrollen las líneas de investigación, las condiciones del medio y la formación de los grupos académicos de los diferentes departamentos.

El núcleo de Proyectos es de carácter problemático y ofrece la oportunidad al estudiante, desde etapas muy tempranas de su carrera, de realizar proyectos que aborden problemas reales del entorno o profundicen en campos de aplicación a través de la investigación alrededor de diferentes objetos de estudio, contribuyendo a contextualizarlo con el medio y encaminándolo hacia su formación integral. Lo anterior hace que el núcleo de proyectos se constituya en el centro de la reforma del currículo.

Figura 2. Directrices de los proyectos



Este núcleo se basa en el desarrollo de tres proyectos que tienen un alto componente de investigación aplicada. Los docentes del programa actúan en calidad de asesores

de los proyectos, propiciándose así la transdisciplinariedad y posibilitando la generación de propuestas que puedan conducir, a través del Trabajo de Grado como etapa final de los proyectos, a la constitución de empresas reales o a desarrollos innovadores. El núcleo tiene un alto grado de flexibilidad, evidenciado en el planteamiento de tres grandes directrices de trabajo para abordar los proyectos (Figura 2):

*Hacia la generación de empresa.* La filosofía de la reforma del programa de Ingeniería de Alimentos plantea la necesidad de que estos profesionales sean gestores de empresa y contribuyan realmente a solucionar los problemas del sector de alimentos. El problema que se va a resolver puede ir desde el desarrollo o diseño de un producto nuevo o innovador hasta terminar en la evaluación técnica y financiera de un proyecto de creación de una nueva empresa, o partir de un problema de la comunidad o de algún sector de la microempresa de alimentos y concluir en el desarrollo y mejoramiento de sus sistemas productivos, permitiendo así que la Universidad genere un verdadero impacto en el sector alimentario.

*Hacia la formación de investigadores.* Mediante la vinculación a las líneas de investigación se posibilita que el estudiante crezca y se forme como investigador de la mano de los docentes, de tal forma que en el futuro haga parte de una nueva generación de relevo para los profesores de la misma Universidad o para la comunidad científica colombiana en general. Con el estímulo a los estudiantes para que realicen investigación a través del reconocimiento académico de su trabajo, se contribuye a generar una cultura investigativa en el programa.

*Hacia la experiencia profesional.* En este tipo de proyectos, la Unidad Tecnológica de Alimentos (que comprende plantas piloto y laboratorios) se convierte en un puente entre el programa de Ingeniería de Alimentos y la Facultad de Ciencias Agropecuarias, con el fin de ejecutar propuestas conjuntas alrededor de la transformación con fines de comercialización, adaptación tecnológica,

innovación y pruebas de calidad, entre otros, de la materia prima alimentaria que se producen en las granjas de la Universidad. A través de un trabajo coordinado, se programarán proyectos de desarrollo o innovación de productos, de control de calidad, de caracterización físico-química y sensorial, de desarrollo tecnológico, de evaluación y manejo postcosecha, conservación o transformación de materias primas o subproductos y de venta de servicios. Se plantea que el estudiante apruebe los créditos correspondientes a este tipo de proyectos mediante la realización de prácticas a través de su participación directa en la ejecución de los proyectos programados, permitiéndole adquirir experiencias propias de su ejercicio profesional.

## **CONCLUSIONES**

La implementación de este nuevo concepto de Apertura Curricular implica profundas transformaciones cualitativas en el proceso de formación de personas profesionales en Ingeniería de Alimentos. Con esta propuesta se pretende ofrecer un verdadero currículo, no un plan de estudios estático, que responda tanto a las exigencias como a las condiciones del medio colombiano en cuanto a la formación de profesionales útiles y valiosos para la Sociedad.

Con los cambios descritos, es posible derribar la vieja estructura de planes de estudios rígidos con contenidos disgregados, alta presencialidad y un rol preponderante del docente como transmisor del conocimiento, sustituyéndola por un sistema curricular flexible y articulado en el que necesariamente se replantean las prácticas pedagógicas. El estudiante podrá concebir, definir, implementar y hasta vivenciar su propio currículo, ya que el nivel de flexibilidad se amplía considerablemente. En particular, se logran incrementar los niveles de flexibilidad de un 5% a un 24% en comparación con el plan de estudios anterior.

Finalmente, el Currículo podrá contextualizarse con el entorno y estará en capacidad de autogestionar sus propios cambios de una manera dinámica a medida que el medio lo requiera.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. UNIVERSIDAD DE CALDAS. Proyecto Educativo Institucional, 1997. Manizales: La Universidad.
2. UNIVERSIDAD DE CALDAS, CONSEJO ACADÉMICO. La Reforma Curricular en la Universidad de Caldas, 1999. Manizales: La Universidad.
3. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE FACULTADES DE INGENIERÍA e INSTITUTO COLOMBIANO DE FOMENTO A LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Actualización y Modernización del Currículo en Ingeniería de Alimentos, 1996. Bogotá: ACOFI e ICFES.
4. BRUIN, S., HALLSTROMM, B. y JOWITT, R. Modelo de un Curriculum para Ingeniería de Procesos Alimentarios. *Journal of Food Engineering* 3 (1984), pp. 205-233.
5. ICFES – COLCIENCIAS. Currículo y Calidad de la Educación Superior en Colombia, 1989. Bogotá: ICFES y Colciencias.
6. GÓMEZ DÍAZ, P.E. *et al.* Construcción de un Modelo de Currículo Integrado para la Educación Superior, 2001. Memorias del Primer Congreso Latinoamericano de Currículo Integrado Universitario, Universidad de Caldas, Manizales. p.p. 94-112.

# HACIA UN CURRÍCULO FLEXIBLE EN LOS PROGRAMAS DE INGENIERIA

**Beatriz Londoño Vélez**  
**Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia**

## RESUMEN

El currículo es el conjunto de experiencias formales e informales que con intencionalidad programa la institución para alcanzar los propósitos educativos.

Este pone en relación los docentes, los estudiantes, los saberes y los ambientes de aprendizaje en el entorno de las instituciones. El plan de estudios visibiliza estas relaciones.

En general los programas de ingeniería a nivel nacional tiene entre otros, los siguientes elementos de diagnóstico:

Alto número de asignaturas y de intensidades horarias, programación semestral de 5 a 6 cursos por estudiante, desarrollo secuencial del conocimiento lo que induce entre otros a los siguientes problemas: reiteración de contenidos, variación en los ritmos e intensidades en la enseñanza y por ende en el aprendizaje, excesivo número de evaluaciones, rigidez para acceder a otros cursos, aumento del tiempo de permanencia de los estudiantes en la universidad.

La propuesta planteada recoge elementos de la educación en Ingeniería en otros países y discute mecanismos para transformar la actual estructura de los planes de estudio que conduzca a un desempeño más eficiente y de mejor calidad de los estudiantes, de los docentes y en consecuencia de las facultades de Ingeniería.

Estas tesis se presentan para la discusión en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. La Facultad cuenta actualmente con 11 programas de pregrado en Ingeniería.

### 1. UNA MIRADA INTERNACIONAL

Los sistemas nacionales de educación superior en ingeniería ofrecen diferentes modalidades en Estados Unidos, en Europa y en América Latina.

La formación en Ingeniería ofrece titulaciones diferentes, énfasis e intensidades diversas, extensión o longitud de los planes de estudio entre 8 y 12 semestres, currículos continuos o integrados o programas por ciclos. La regulación curricular no es la norma en la formación de ingenieros.

Los criterios 2000 de acreditación de la ABET (Accreditation Board Engineering and Technology) definen en gran medida la forma como las universidades pueden manejar la educación en ingeniería en los Estados Unidos. Estos han “adoptado el concepto recomendado de un conjunto limitado de objetivos y de un “piso” de un contenido curricular requerido no superior a los 3 años”. El componente profesional consta de un año de matemáticas y ciencias básicas (además de algún trabajo experimental) de acuerdo con la disciplina, año y medio de tópicos de ingeniería que debe incluir tanto las ciencias de la ingeniería como el diseño apropiado de la ingeniería de acuerdo al campo de estudio. Un componente de educación general que complementa el contenido técnico del currículo y que sea consistente con los objetivos del programa y de institución. (1)

Los estudios universitarios en ingeniería en España comprenden 2 ciclos. El primero conduce al título denominado ingeniero o técnico. Tiene una duración de tres años organizados en periodos de 4 meses con una intensidad promedio de 240 créditos equivalentes a 2400 horas de estudio. Este ciclo no supone continuidad al segundo ciclo o de estudios superiores. El ciclo de estudios superiores conduce al grado de Ingeniería y toma en general 2 años, que cubren 150 créditos adicionales. Dependiendo del programa para optar al título de Ingeniero se deben cursar entre 4 y 6 años. Por ejemplo: Ingeniero Agrónomo, 4 años en la Universidad de Lleida, Ingeniero de telecomunicaciones, 5 años en la Universidad Politécnica de Cataluña e Ingeniería de Caminos, 6 años en la misma universidad.

El título tradicional de las universidades del Reunido Unido es de Bachelor of Engineering que se obtiene en 3 años. Este indica que el estudiante ha cursado “aplicaciones de Ingeniería” y está acreditado por el Consejo de Ingeniería. Se ofrece además el grado Magister of Engineering en 4 años en el que los estudiantes toman cursos más avanzados.

Las Universidades de los países del Convenio Andrés Bello realizaron durante 1998 y 1999 un análisis comparativo de las troncales curriculares para carreras de pregrado en Ciencia e Ingenierías, en el que se evidencia diferentes intensidades comparando los programas por el número de horas totales exigidas para la titulación como ingenieros. Este número de horas es atendido en currículos entre 4 años y medio y 6 años. Además se logró un “consenso”. a partir del hecho de que es la estructura mínima curricular la que define el que un determinado profesional pueda ser llamado como tal internacionalmente. (2).

## **2. PLANES DE ESTUDIO DE LA FACULTAD DE MINAS**

La Facultad de Minas administra actualmente 11 programas de Ingeniería. En promedio un plan de estudios ofrece 54 asignaturas en 235 horas. La duración de cada programa es de 10 semestres y cada uno de ellos tiene entre 5 y 6 asignaturas y entre 18 y 26 horas semanales de docencia presencial y trabajo dirigido por los docentes. Del total de asignaturas 40 constituyen el núcleo del programa e incluye la formación en ciencias básicas – matemáticas, física y química -, ciencias y técnicas de la Ingeniería y el área profesional. Este núcleo es el responsable de la formación de los ingenieros en una profesión específica y provee los conocimientos, destrezas y habilidades que caracterizan un profesional determinado.

De las asignaturas restantes, 12, constituyen la componente flexible de los planes de estudio. Esta componente está integrada por: los cursos de contexto orientados hacia la ubicación de los

estudiantes en la dimensión histórica, socioeconómica, política, cultural, técnica o científica. Una línea de profundización que promueve la apropiación y aplicación de los conocimientos en un área específica sin implicar especialización y un grupo de electivas. Las dos últimas asignaturas dan cuenta del trabajo dirigido de grado.

El proceso de autoevaluación de los programas curriculares en la Facultad ha permitido precisar entre otros, los siguientes problemas en los planes de estudio:

Dispersión y automatización de contenidos, ésta que se manifiesta en alto número de cursos en el total del plan de estudios y en cada uno de los semestres académicos. Esto significa que el estudiante debe atender cada semana, al menos 5 áreas de trabajo diferentes, aunque puedan ser complementarias. Cada área supone un esquema metodológico y de evaluación particular, dificultando el proceso de asimilación y reflexión por parte del estudiante que, se convierte en un especialista en preparar y presentar exámenes. Este currículo sobrecargado agota y desestimula a la administración, a los estudiantes y a los profesores.

Desarticulación de contenidos, lo que ha conducido a reiteración de los mismos en diferentes asignaturas, a disminuir el apoyo académico que unos cursos deben prestar a otros, a que las estructuras propias de un área del conocimiento se desfiguren y a un desequilibrio en las exigencias de los cursos en relación con las intensidades horarias asignadas y al trabajo que se espera realicen los estudiantes.

Requisitos académicos injustificados, que hacen más lento el tránsito de los estudiantes de un nivel a otro del plan de estudios. Estos requisitos reflejan de un lado el interés de los docentes por garantizar la máxima preparación de los estudiantes cuando acceden a un curso y de otro a una caracterización del perfil de los estudiantes como poco capaces de tomar decisiones académicas autónomas sobre la base del conocimiento de las exigencias previas de los cursos.

Formación de posgrado. La Facultad dio curso a las líneas de profundización en 1994, como parte de la componente flexible de los programas curriculares. En estas es difícil deslindar el concepto de profundizar un área del conocimiento sin especializarse en ella. Más que espacios en los cuales se construye un estilo y método de trabajo entre profesores y estudiantes que acerque a unos y otros a la investigación, el conjunto de asignaturas es cercano a la formación de posgrado de especialización.

### 3. UNA PRECISION CONCEPTUAL

Se entiende por currículo, en sentido amplio, el conjunto de experiencias, actividades y métodos, formales e informales que ponen en relación los saberes los estudiantes, los docentes, los recursos y ambientes de aprendizaje mediados por la institución y con internacionalidad formativa para lograr los propósitos educativos.

El plan de estudios o plan curricular es el conjunto de asignaturas organizadas secuencial y cronológicamente que relaciona los conocimientos, las exigencias, los ritmos, las intensidades y los métodos de trabajo que se espera realicen los estudiantes y profesores para optar un grado de formación particular.

El concepto de currículo trasciende el de plan de estudios, sin embargo este último hace visible el proceso de formación de los estudiante que intenta concretar la institución independientemente de las declaraciones e internacionalidades formales, por ejemplo la institución propende por un currículo flexible, sin embargo, el estudiante debe recorrer un plan de estudios restrictivo plagado de requisitos académicos.

En estas notas se hará referencia a los planes de estudio de los programas de ingeniería bajo el supuesto de que si bien la estructura del plan por si sola no garantiza el éxito de una reforma curricular (que debe redefinir entre otros asuntos, los roles que desempeñan docentes y estudiantes, modalidades pedagógicas, integración y articulación de las funciones de docencia, extensión e investigación) si puede convertirse en una arquitectura facilitadora del proceso de aproximación al conocimiento de estudiantes y profesores proporcionando un mapa flexible y ágil, articulado y coherente y menos extenso, que permita la adaptación a la dinámica científica y tecnológica propias de esta época, que satisfaga las expectativas profesionales de los futuros egresados y que responda a los estándares académicos que exige el concierto internacional, y que contribuya con la preparación del capital humano requerido para el desarrollo de país.

#### **4. CARACTERISTICAS DE LA PROPUESTA**

##### **4.1 Planes de estudio de menor duración y mayor concentración de esfuerzos.**

La práctica internacional admite diferente número de semestres y de intensidades horarias para optar al título de ingeniero. Algunas veces adjetiva éste para enfatizar el carácter de la formación.

En el país los planes de estudio de ingeniería tienen una duración de 10 semestres académicos. Se propone reorganizar la estructura de estos para obtener la titulación de ingenieros en ocho semestres, sin sacrificar los tiempos de atención de los objetos de estudio de cada ingeniería y la identidad de la profesión específica que debe responder a los estándares internacionales, implementando medidas como las siguientes:

- ◆ **Priorización y jerarquización de contenidos.**

Existe una preocupación creciente por hacer los planes de estudio tan completos como sea posible, sin embargo, es necesario privilegiar la formación básica y la estrictamente indispensable en el área profesional.

Lo anterior sólo será viable estableciendo con precisión las áreas del conocimiento que componen la profesión; definiendo sus estructuras internas; leyes y principios generales, relaciones, realizaciones y aplicaciones ejemplares y en cada una de ellas priorizando, es decir, estableciendo secuencias lógicas de procedencia y continuidad en los objetivos y jerarquizando los mismos, es decir, precisando la importancia de éstos para alcanzar los objetivos del programa.

El ejercicio de priorización y jerarquización conducirá a unos planes de estudio significativos y relevante, permitirá eliminar reiteraciones innecesarias y facilitará el apoyo efectivo que unos contenidos deben prestar a otros.

#### ◆ Concentración y reorganización académica del plan de estudios.

La atención simultánea a múltiples objetos de estudio durante el semestre académico no facilita la concentración y continuidad de esfuerzos de los estudiantes. Donde sea posible, sin perder la coherencia y lógica propia del área del conocimiento, deben integrarse cursos para disminuir la carga académica de los estudiantes.

Un plan de estudios con 4 asignaturas/semestre en 24 horas semana es más intensivo y productivo que uno de 6 asignaturas en las mismas horas. La propuesta contempla una estructura de 8 semestres académicos, de 24 horas semana en promedio y una programación de 18 semanas en el semestre, para un total de 3456 horas que se ajusta a las exigencias internacionales para la titulación de ingeniero. La Sede de Medellín en 1998 realizó un semestre especial con carácter intensivo que fue evaluado positivamente por los resultados académicos.

Un impacto adicional de la concentración académica es que facilita la administración universitaria.

#### 4.2 Planes de estudio flexibles y de mayor autonomía.

El concepto de flexibilidad en el plan de estudios tiene dos dimensiones: La primera se refiere a los requisitos académicos que se exigen para transitar de un curso a otro. Se propone hacer más ágil el flujograma conservando los requisitos académicos estrictamente necesarios en los cuatro primeros semestres del plan de estudios y liberar de éstos a los cuatro semestres siguientes.

Una medida que aminora el efecto de dispersión del estudiante por el plan al eliminar los requisitos, es restringir el registro académico a asignaturas de 3 niveles consecutivos. Esta propuesta exige un sistema de información académica sobre exigencias de los cursos oportuno, confiable y fácil acceso.

La segunda dimensión de flexibilidad se refiere a la posibilidad que tiene el estudiante de atender sus expectativas personales tanto en la contextualización de su profesión como en la elección de cursos que complementen su formación profesional en lo técnico o en otras competencias. Este componente debe conservarse en los planes y extenderse hasta donde lo facilite la priorización, jerarquización y agrupamiento de contenidos.

Es necesario anotar que la flexibilidad no se agota en la arquitectura del plan. La institución tiene propuestas no formales para acceder a las más diversas expresiones de la cultura y de la preparación científica y tecnológica: conferencias, simposios, seminarios, exposiciones. Un mecanismo de formalización de estas actividades son los PETAS (Programas Especiales de Trabajo Académico).

#### 4.3 Formalización de la especialización.

La evaluación de las líneas de profundización permitió identificar la cercanía de éstas a la formación de especialistas. Se trata entonces de reconocer formalmente este grado de conocimiento en la titulación. Este procedimiento viabiliza la estructuración de los planes en 8 semestres académicos. Al finalizar éstos se opta al título de ingeniero y al concluir la línea, que es electiva, se adquiere el título de ingeniero especialista

El ofrecimiento de múltiples especializaciones permite dar respuesta a necesidades particulares planteadas por la región o el país en la perspectiva de mejorar la competitividad y la productividad y exigidas en una economía y cultura globalizadas. Satisface las expectativas de la institución y de los docentes de desarrollar áreas específicas de estudio y responde a los intereses y elección de los estudiantes de profundizar un área del conocimiento que establecerá la diferencia con otros egresados de la misma profesión.

## **5. IMPACTO DE LA PROPUESTA.**

**Académico:** La reorganización académica del plan permitirá una selección significativa de saberes, mayor flexibilidad y concentración de esfuerzos de estudiantes y profesores.

Dinamizar la discusión sobre el sistema de educación superior y características de calidad.

**Administrativo:** La organización redundante en la agilidad de la administración de los recursos humanos y físicos de la institución.

**Social:** Capacitación en menor tiempo del talento humano, que es factor determinante del crecimiento de la productividad.

La permanencia de menor número de semestres de los estudiantes en la universidad, facilita el aumento de la cobertura.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Jacobson, I.D. Criterios 2000. Un nuevo enfoque a la educación en ingeniería. Conferencia mundial sobre educación en ingeniería y líderes de la industria. París, 1996.
2. Convenio Andrés Bello. Troncales curriculares para carreras de pregrado. Santafé de Bogotá, 2000.

Sistema Nacional de Educación Superior en Alemania. España, Francia, Reino unido. ACOFI, 1998.

# LA INVESTIGACION FORMATIVA UN PASO HACIA LA INTERDISCIPLINARIEDAD

Por: **Javier Jaramillo Colpas**  
**Director Dpto de Ciencias Básicas**  
**Corporación Universitaria de la Costa, C.U.C.**  
**Barranquilla, Calle 58 No 55-66 Tel: 3442666**

## RESUMEN

Hoy a la luz del Decreto 792 de Mayo del 2001, por el cual se establecen estándares de calidad en los programas de ingeniería en Colombia, a partir del ítem e, del artículo 1, "Formación investigativa"; surgen preguntas de cómo establecer procesos para el desarrollo de actividad investigativa en los programas de ingenierías, que investigar, como formar estudiantes con actitud investigativa y como desarrollar y fortalecer las líneas de investigación de los programas académicos. Son interrogantes ante los cuales se propone a la investigación formativa como una estrategia pedagógica en cuatro acciones que propicien los cimientos de una comunidad académica.

## INTRODUCCION

De la relevante importancia que se le da a las Ciencias Básicas en los programas de ingeniería, el apoyo significativo que hace ACOFI a estas, a partir de los Planes Mínimos de estudios (1990) y de la XVII Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería (1997), surgen las reflexiones por las bases científicas e investigativas en la formación de los ingenieros, como instrumento para materializar la creatividad, la lógica y el ingenio.

Las importantes transformaciones curriculares que desde entonces se han presentado en el país alrededor de la búsqueda de la calidad académica de los ingenieros y la lucha permanente por lograr un currículo integrador que estimule la creatividad y fomente las destrezas evitando el aprendizaje fragmentado que conduce a la formación de profesionales limitados e impedidos a desempeñarse de forma multi y pluri disciplinar [1]. Por lo que la lucha para lograr una formación básica sólida se extiende en todo el proceso de formación con la integración sistémica y complementaria de las relaciones entre formación en ciencias, tecnologías, aplicaciones e integración social, en un modelo pedagógico socrático, como el constructivismo moderado, en el que se propende por el saber, el hacer y el contrastar con argumentación, interpretación y proposiciones que hace del estudiante y del profesor investigadores permanentes.

## LA FORMACION INVESTIGATIVA

Primero preguntemos ¿Que es la Investigación Formativa?. Es aquella que siguiendo las exigencias, métodos y rigor de la investigación formal no exige un reconocimiento por parte de la comunidad académica y admite varios niveles de exigencia [2]. Por lo cual es una alternativa de la practica pedagógica que permitirá hacer palpable el compromiso social de las instituciones que propenden por formar ingenieros con cualidades investigativas. La investigación formativa es un paso a la interdisciplinariedad y una propuesta contra el reduccionismo pedagógico que se centra en el tradicionalismo transmisionista, contra la ausencia de comunidades educativas y académicas en las facultades.

La presente propuesta está basada en la investigación desarrollada en el postgrado de Estudios Pedagógicos de la Corporación Universitaria de la Costa, C.U.C. titulado La Investigación Formativa como Estrategia Pedagógica para la Formación Integral. Esta investigación esta centrada en los programas académicas de la facultad de ingenierias de la C.U.C. tales como son Civil, Industrial, Electrónica, Sistemas, Eléctrica, y Sanitaria, además se considero el que hacer en otros programas de Ingenierias que se ofrecen en la ciudad de Barranquilla y en la Costa Atlántica.

La propuesta de Investigación Formativa, está centrada en las estrategias de la planeación proactiva de la practica pedagógica, el desarrollo de las competencias del estudiante hacia la investigación, la capacitación de los docentes, la base de la formulación y argumentación (concepciones de T.S. Toulmin y I. Lakatos), y las nuevas concepciones del pensamiento complejo y del pensamiento sistémico entorno a la interdisciplinariedad.

Al considerar la investigación formativa como estrategia del modelo pedagógico de la enseñanza con fines de educabilidad y enseñabilidad para aportar a la formación integral de los estudiantes de la Corporación Universitaria de la Costa, se requiere de una conceptualización que es propia del ámbito educativo e investigativo o del docente investigador, por ello la orientación del uso y significado de algunos términos que son importantes en las consideraciones dialécticas del análisis descriptivo y de los presupuestos metodológicos y pedagógicos que requieren la claridad de su aplicación para no incurrir en inconsistencias o en contradicciones dialécticas; consideraremos los términos o vocablos mas relevantes para nuestro propósito epistemológico y filosófico.

La Investigación es considerada comúnmente como “La actividad de la ciencia. Actividad productora de ideas. Actividad que estudia los problemas de la ciencia, ofrece resultados que se incorporan con síntesis conceptuales llamadas teorías. Herramienta para el análisis de los problemas y de las cosas para construir síntesis teóricas”[3], esta actividad se considera que procede conforme a las reglas y técnicas que se derivan de las experiencias y del examen de las matemáticas y de la filosofía. Igualmente la acción de investigar es considerada como el “proceso que tiene como objetivo producir ciencia, buscar la explicación de la realidad mediante un método riguroso (desde el planteamiento de un problema científico determinado hasta llegar al descubrimiento de la ley). La investigación básicamente produce conocimientos nuevos pero hay que distinguir formas de conocimientos: en las ciencias naturales opera la investigación básica, experimental, principalmente. En las ciencias sociales, la investigación descriptiva, exploratoria.” [4], considerando a la ciencia como un “conocimiento social y sistemático, exacto, verificable y fiable que constituye un cuerpo de ideas”[5], pero los conocimientos de las ciencias naturales y sociales son racionales y objetivos

ante la construcción de conceptos y juicios que al recorrer la observación y la contrastación arman la búsqueda de la verdad, por ello en la ciencia se encuentra un camino para interpretar acertadamente a la realidad natural o social. Pero considerar así a la investigación sería desconocer los procesos que siguiendo la rigurosidad de la ciencia sus métodos y pautas no persiguen el reconocimiento estricto y universal del conocimiento generado; tales tareas son propias de la actividad de la educabilidad que considera a la investigación como una actividad formadora o lo que hoy llamamos investigación formativa, propia de desarrollarse en el trabajo académico de estudiantes y docentes.

Al consideramos a la educabilidad como las “condiciones de las competencias de los estudiantes y de la forma como los contenidos de la enseñanza pueden adecuarse, mediante el proceso de recontextualización a esas competencias” y a la enseñabilidad como la “relación que se establece entre la naturaleza de los saberes y las condiciones de la enseñanza” [6], es indudable que la investigación formativa como estrategia, permitirá el desarrollo de las competencias desde las estructuras conceptuales, actitudinales, axiológicas y metodológicas en el contexto del colectivo del aula a través de proyectos de investigación, que muestran la intencionalidad de la institución para que los saberes académicos sean un verdadero proceso de formación creativa, crítica y reflexiva.

La interdisciplinariedad, se presenta hoy en día desde dos conceptos o semánticas de acuerdo al pragmatismo de trabajo, una en el paradigma clásico y otra en los nuevos paradigmas de lo sistémico y lo complejo. Para los clásicos no se parte de una base epistemológica como unidad de conocimiento [7] sino a partir de la integración de los actores de los diferentes conocimientos que se requieren para la solución de los problemas, es solo una suma de expertos unidisciplinarios y no una integración por lo que la producción de conocimiento es fragmentado y aislado con un visión sujeto – objeto – sujeto. Para los nuevos paradigmas la interdisciplinariedad es intercambio y colaboración de métodos y paradigmas que permiten producir conocimiento integrado y unificados que permiten la solución de problemas globales y complejos, permitiendo en una visión de sistema – objeto – sujeto – observador. Esta visión integrada desde la frontera de los conocimientos y de las disciplinas, es tan válida para la investigación de alto nivel como para los estudiantes que inician su formación profesional viendo al hombre más integral desde la científico y lo social, por ende su formación debe ser construida para afrontar tareas complejas en una sociedad global.

## **LA PROPUESTA**

La presente argumentación de propuesta ha sido argumentada y puesta en desarrollo en la Corporación universitaria de la Costa [8] obteniéndose resultados parciales muy favorables.

La representación de la actividad científica desde las posturas educativas de concepciones relativistas (Popper, Kuhn, Lakatos, Toulmin, Bunge, Morin) nos permiten establecer las consideraciones como preámbulo de las formulaciones de las propuestas que se enmarcarán en una política que oriente el desarrollo de la investigación formativa. En la concepción de saber que cuando aceptamos las relaciones que los estudiantes hacen entre la complejidad del vivir cotidiano en su realidad social y natural, con las transformaciones conceptuales y por ende con las nuevas teorías estudiadas, se admite la concepción de que el estudiante construye significados desde las experiencias vividas y las que en el momento vive, transformando su forma de sentir la realidad tal como lo propone Platón en el mito de la caverna en su obra la República. Esta aceptación de transformación es

aceptar, los cambios en la formación del estudiante desde la investigación, que permite el crecimiento, maduración y renovación de los conceptos con el trabajo en el aula. Ver al trabajo en el aula como actividad investigativa que transforma a profesores y estudiantes pasivos (dictadores de clases y escuchadores de clases), en profesores y estudiantes investigadores que modifican sus estructuras conceptuales, aptitudinales, metodológicas y axiológicas en pos de una formación integral. Por lo que se reconoce la riqueza de la actividad investigativa desde los distintos enfoques o perfiles con los que se pretende dar la formación integral, con las distintas bases epistemológicas, pedagógicas y sociológicas con las que se construye significativamente la identidad del futuro profesional y de la institución formadora.

Por lo que las acciones que presentamos se enmarcan cada una de ellas con las respectivas categorías conceptuales como soportes de sustentación de las estrategias pedagógicas que se pretenden implementar para el trabajo en el aula, tales estrategias son: *la planificación por parcelación del trabajo en el aula y la ficha de clase, el ensayo escrito, el proyecto de investigación en la asignatura, y la formación metodológica para docentes*. Estas estrategias deben cumplirse en su totalidad para que el proceso de la investigación formativa no se atomice y logre constituirse como una cultura institucional hacia la formación integral de los estudiantes.

*La planificación por parcelación del trabajo en el aula y la ficha de clase:* Al considerar la naturaleza provisional del conocimiento en las estructuras conceptuales de profesores y estudiantes, y la concepción de que la teoría precede la observación o experimentación y que estas teorías son evolutivas en la medida en que los conceptos evolucionan gradualmente y por ende la necesidad de considerar en el método la concepción de lo cualitativo y lo cuantitativo, lo contrastable, lo complejo y lo sistémico, y lo modelable; considerando que los conceptos se analizan desde sus estructuras lógicas, sus relaciones con otros conceptos y la construcción de todo un sistema (teoría) conceptual. Entender que los cambios en los conceptos producen cambios intelectuales en los seres humanos los que permiten modificar los procesos de organización de la realidad social o natural como consecuencia del aprendizaje significativo y cognoscitivo[9].

Es indispensable que el profesor tenga un discurso pedagógico bien construido sobre los conceptos propios de su disciplina para poder establecer procesos de evolución de estos conceptos ante sus alumnos y ante el mismo, estableciendo cambios de profundidad conceptual y de sustitución gradualmente, para lo cual deben estar los procesos debidamente ordenados, por ello es conveniente la parcelación del proceso para poder establecer una evolución gradual paso a paso y suave.

Ante esta concepción de los conceptos *la planificación por parcelación del trabajo en el aula y la ficha de clase* le permitirá a la institución, al docente y al estudiante conocer el desarrollo de las actividades, temáticas y conceptos del proceso enseñanza aprendizaje; estableciendo una guía para el profesor y el alumno en la que se enmarque las actividades y los conceptos a trabajar, con un desarrollo lógico de acuerdo al esquema conceptual, se permitirá la interacción entre los estudiantes y el profesor como guía para la corrección y construcción del constructo de la ciencia que se estudia y la relación de este con la realidad social y natural. Este modelo didáctico presenta la coherencia entre los objetivos, justificación y contenido de los conceptos a construir y justifica el trabajo a realizar en el aula y a investigar para aprender.

*El ensayo escrito.* Pretender dar explicaciones con referente a lo interpretado del conocer, bien de las teorías formuladas, de temas propuestos, de conceptos ya evolucionados, de acciones, críticas o de simples opiniones, es iniciar una labor investigativa para establecer un posicionamiento de la realidad social o natural a estudiar para establecer explicaciones causales o la intencionalidad de las acciones desde lo cualitativo o cuantitativo, o desde ambos referentes. Formar estructuralmente a los estudiantes para dar explicación de lo comprendido, requiere de procesos graduales y de pequeños trabajos que evolucionan en la medida en que la estructura conceptual, actitudinal, metodológica y axiológica, de los estudiantes evoluciona igualmente, que como proceso de investigación se expresa una construcción racional que permite introducir el análisis, presentar el desarrollo de la postura epistemológica y establecer una conclusión desde la evolución de la estructura conceptual del escribiente o del referente considerado; esta construcción de conexión inteligible y ordenada de hechos, afirmaciones o concepciones es una estructura de explicación y construcción científica[10], esta forma de expresión escrita se le denomina ensayo. De esta forma de expresar las explicaciones de lo conocido se propone la elaboración de ensayos escritos como actividad de investigación y evaluación de la realidad social o natural, que le permitirá al profesor y al estudiante abordar diferentes campos del conocimiento, diferentes autores, diferentes corrientes de pensamiento, desarrollando la capacidad de crítica y reflexión, y potencializando la cultura de la investigación.

*El proyecto de asignatura:* Construir el conocimiento, sustituir conceptos o estructurar los cuerpos conceptuales en los estudiantes, requiere de la organización del proceso investigativo con una metodología bien estructurada para lograr que se produzca aprendizaje significativo; por lo que la investigación dirigida alrededor de la temática de una asignatura y por ende en la especialidad del profesor, se traduce en un muy buen proceso para alcanzar la formación integral y contextualizada del futuro profesional. Los ensayos escritos permiten que el alumno construya y afirme los conocimientos, al tiempo que alimenta y argumenta un proyecto de investigación con la metodología y el rigor del trabajo científico que permite el intercambiando con otros profesores o investigadores expertos, el trabajo en equipo que permite potenciar los cambios conceptuales, y la socialización del proceso y de los resultados hallados como la dinámica del trabajo del aula. El desarrollo de proyectos de investigación que nacen desde el aula, deben darse en lo posible con el fin de alimentar las líneas de investigación de los respectivos programas académicos como cinturones protectores, que a la vez alimentan las investigaciones centrales o principales de los programas y por ende de la institución como trabajos institucionales de investigación que funcionarían a manera núcleos de los programas de investigación; de esta manera se despertará la actitud crítica de establecer si los proyectos del aula son pertinentes para el aprendizaje significativo y para los programas de investigación, generando la realimentación de temas para los nuevos proyectos de aula.

Es oportuno recordar que el termino investigación no esta referido exclusivamente a la investigación científica, la investigación se refiere también a los procesos de aprendizaje, fundamentando la exploración y la capacidad de pensamiento racional, con rigor de método y de las estructuras conceptuales, actitudinales, metodológicas y axiológicas; que permite desarrollar un ambiente (de aula), promover la formulación de problemas, manejar la información general y especializada, contrastar, relacionar información con los resultados, aplicar los nuevos constructos, acumular y difundir los resultados de las investigaciones [11]. Permitiendo así el desarrollo de los procesos de

enseñanza aprendizaje con un modelo sistémico – investigativo que permite la creación, asimilación y evolución de la realidad social o natural ante situaciones de aprendizaje, con el profesor como guía y regulador de la información; esta actividad investigativa permitirá la construcción de la comunidad educativa y académica con el fin de desarrollar una cultura institucional. Con esta óptica de la investigación formativa *se propone el proyecto de asignatura desde el aula de clases*, que le permitirá al profesor y al estudiante reestructurar el sistema cognitivo, con fines de construir conocimiento haciendo que lo importante sea la transformación y sustitución de las estructuras conceptuales existentes desde la aprehensión de los nuevos conceptos.

*La formación metodológica para docentes:* Es evidente la necesidad de la formación metodológica para los procesos de investigación que el docente debe tener. Igualmente de lo expuesto se puede confirmar esta necesidad, sin perder de vista que la epistemología (fundamento teórico) es la base fundamental para que el maestro aplique sus métodos de enseñanza (teorías pedagógicas) al desarrollo humano del alumno con fines de desarrollar la actitud investigativa por lo que se requiere de un modelo de desarrollo humano, de un modelo pedagógico y de un modelo metodológico para lograr la formación de una comunidad educativa y académica con identidad en el estudio de los problemas tecnológicos propios de cada programa de formación profesional. De lo expuesto es claro que la preparación del docente para las nuevas estrategias pedagógicas con fines de lograr la formación integral requiere de la capacitación en metodología, con fines de lograr la conformación de una unidad metodológica que permita el desarrollo institucional de un programa de investigación formativa con fines a la formación integral de los estudiantes de la institución.

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] JARAMILLO, J., BALOCO, C., MORENO, N. La Importancia de las Ciencias Básicas en la Formación del Ingeniero de la Corporación Universitaria de la Costa, C.U.C. En: XIX Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería. ACOFI. Cartagena 1999.
- [2],[6] Consejo Nacional de Acreditación. CNA. Criterios y Procedimientos para la Acreditación Previa de Programas Académicos de Pregrado y de Especialización en Educación. Bogotá 1998, Pág. 30, 26
- [3],[4],[5] BUNGE, Mario. La Ciencia su Método y su Filosofía. Edit. Ariel, Barcelona 1974. pág. 9, 12, 25
- [7] ROZO G. José. La Inter – trans – multi – disciplinariedad. U. de Antioquía. Congreso Nacional de Educación Superior. Barranquilla Dic/99 ICFES Mayo 2000. Pág. 394.
- [8] JARAMILLO J., BLANCO V. La Investigación Formativa como Estrategia Pedagógica para la Formación Integral de los Estudiantes de la Corporación universitaria de la Costa, C.U.C.. Barranquilla 2001
- [9] PEREZ, R. y GALLEGO-BADILLO, R. Corrientes Constructivistas. Editorial Magisterio, Bogotá 1999. Pág. 62.
- [10] CERDA G. Hugo. La investigación total. Editorial Magisterio, Bogotá 1997. Pág.74.
- [11] PEREZ, R. y GALLEGO-BADILLO, R. Corrientes Constructivistas. Editorial Magisterio, Bogotá 1999. Pág. 133.

# TRAYECTORIA DE INVESTIGACIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE FALLA DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN EN COLOMBIA (PRIMERA PARTE)

Horacio Torres

Carlos Quintana

Milton Salgado

Daniel Rondón

Diego González

Ernesto Pérez

Javier Herrera

Johny Montaña

Camilo Younes

Mauricio Vargas

Luis Gallego

Universidad Nacional de Colombia

Programa de Investigación sobre Adquisición y Análisis de Señales - PAAS-UN  
paas@paas.unal.edu.co

**Resumen** Desde 1989 el Programa de Investigación sobre Adquisición y Análisis de Señales PAAS, ha desarrollado un proyecto de investigación continuo, sistemático y metodológico, para contribuir a encontrar soluciones técnico - económicas, sobre bases científicas y tecnológicas firmes y objetivas, al costoso problema<sup>1</sup> de alta mortalidad de transformadores de distribución. La investigación plantea y pone en práctica una metodología integral que consiste en: Diagnóstico, Desarrollo de modelos matemáticos, Planteamiento de soluciones, Implementación de las soluciones y Control, monitoreo y mantenimiento. Con esta metodología se puede mejorar la Calidad de la Energía Eléctrica y lograr una objetiva, eficaz y confiable solución a la falla de transformadores de distribución en zonas de alta actividad de rayos, con una razonable disminución en los costos de reposición. El presente informe esta dividido en dos partes que recogen la experiencia del grupo a lo largo de varios años de investigación. En la primera parte se presenta la metodología, el análisis causa efecto y la caracterización del entorno.

## 1. INTRODUCCIÓN

La falla de transformadores de distribución, principalmente en zonas rurales con alta actividad de rayos, ha sido un problema constante para las empresas de energía del país en las últimas décadas. Centros de investigación y firmas de consultoría han realizado trabajos de diagnóstico particular y soluciones puntuales. Sin embargo, a la fecha, el problema de falla de transformadores de distribución en Colombia persiste, con costos [1] que superan los 6 millones de dólares anuales, con consecuencias directas en baja Calidad de la Energía Eléctrica.

<sup>1</sup> Costos que superan los 6 millones de dólares anuales

En el año 1989 se inició en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de Colombia, Programa PAAS-UN, un proyecto de investigación continuo, sistemático y metodológico, con el objetivo de contribuir a encontrar soluciones técnico - económicas, sobre bases científicas y tecnológicas firmes y objetivas a la alta mortalidad de transformadores de distribución.

## **2. METODOLOGÍA INTEGRAL**

Para lograr que la solución al problema de falla de transformadores fuera eficiente, adaptable, y económicamente factible, para de esa manera lograr altos estándares de Calidad de la Energía Eléctrica, fue necesario garantizar tres fases que están integralmente relacionadas:

1. Diagnóstico integral del problema,
2. Alternativas tecnológicas e Implementación de la solución,
3. Control y monitoreo de variables

Un Diagnóstico Integral implica:

- Evaluación de los estudios y soluciones previas que se hayan realizado
- Análisis de las Causas del problema y sus Efectos
- Caracterización del entorno
- Índices técnicos y económicos para evaluación

Hecho el diagnóstico integral del problema se procede a plantear alternativas tecnológicas de solución del mismo. Una vez analizadas estas alternativas se escogieren las más viables o factibles y se procede al diseño e implementación de la solución propuesta, de una manera integral. Para ello se debe tener en cuenta:

- Modelamiento matemático de todos y cada uno de los componentes del sistema
- Mediciones in situ y en laboratorio
- Diseños apropiados, técnica y económicamente factibles
- Adecuación y mejoramiento de variables: redes, equipos, protecciones, mejoramiento de puestas a tierra.
- Manipulación e instalación adecuadas.

Finalmente es necesario un control, monitoreo y mantenimiento del sistema implementado (protecciones, puestas a tierra, equipos, red), de tal manera que se puedan ajustar o mejorar las soluciones, se mantenga la implementación en óptimas condiciones y se puedan inferir conclusiones confiables sobre la solución.

Estas tres fases de la metodología pueden tardar varios años y sus costos son relativamente altos. Pero, ante un problema crónico, como es el caso de la falla de transformadores de distribución, esta metodología resulta mucho más económica en el mediano y largo plazo que la solución a corto plazo, coyuntural y puntual como, generalmente, se atacan este tipo de problemas de ingeniería en Colombia.

Esta metodología ha sido desarrollada desde 1988 dentro del Programa PAAS-UN y aplicada en su totalidad a dos circuitos piloto experimentales: Uno, en la vereda Guachipay, del municipio de Topaipi (Cundinamarca - Colombia) de propiedad de la antigua EEB (hoy CODENSA) y recientemente a un circuito de distribución rural de la empresa CHEC ubicado en el municipio de Samaná (Caldas). Estos dos circuitos tienen la característica de estar ubicados en la segunda zona de mayor actividad de rayos del mundo.

### 3. EVALUACIÓN DE ESTUDIOS Y SOLUCIONES PREVIAS

Para el circuito experimental de propiedad de la EEB (hoy CODENSA), se analizaron 26 estudios relacionados con falla de transformadores de distribución, realizados en Colombia por firmas consultoras, empresas de energía y universidades entre 1975 y 1996; los cuales se clasificaron en cinco grupos así: Selección de protecciones; Análisis de Descargas Eléctricas Atmosféricas; Fabricación, selección y manejo de transformadores; Análisis de fallas, coordinación de aislamientos y Modelos.

Un aspecto común de los 26 estudios analizados fue que ninguno planteó índices de supervisión de la solución y tampoco se hizo un seguimiento de corto y mediano plazo, mediante monitoreo y control a la solución planteada, ni relación costo / beneficio de la solución.

#### 3.1 Análisis Causa Efecto

La falla de un transformador de distribución se presenta por la interacción de diversos factores, los cuales lo deterioran en mayor o menor grado, hasta conducirlo a la falla definitiva. Una de las herramientas de análisis más útiles para procesos de este tipo, es el diagrama de Causa - Efecto, también conocido como diagrama de Ishikawa (ver Figura 1) el cual permite observar las interacciones entre los diferentes factores involucrados y dar orientación sobre alternativas tecnológicas de solución.

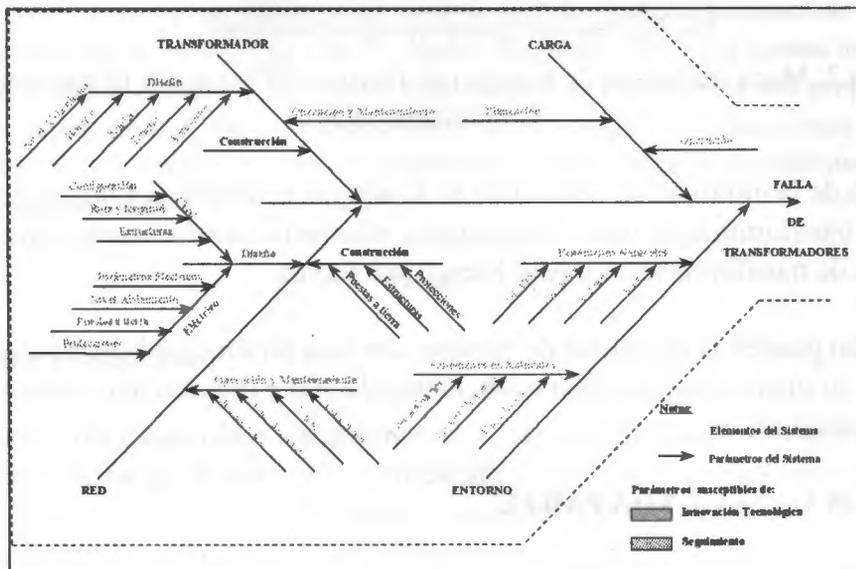
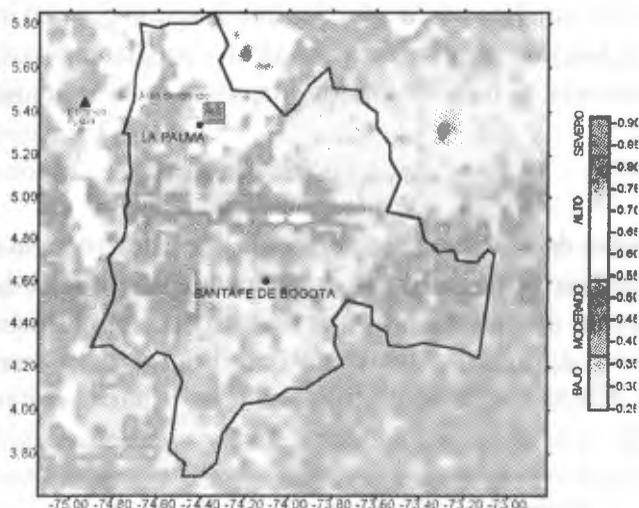


Figura 1. Diagrama de Causa - Efecto para análisis de falla de transformadores

## 1.2 Caracterización del Entorno

En los estudios sobre descargas eléctricas atmosféricas, realizados por el Programa de Investigación PAAS-UN, desde hace más de 18 años, se ha encontrado que Colombia, por su ubicación geográfica en zona tropical presenta variaciones en las magnitudes de los parámetros del rayo respecto a los de otras latitudes.

Con base en los datos obtenidos hasta el momento de algunos parámetros del rayo, como son la corriente y la densidad de rayos a tierra, se elaboró una matriz de Riesgo por Rayos[2] la cual indica que en Colombia existen zonas de Alto, Medio y Bajo Nivel de Riesgo. La figura 2, por ejemplo, presenta el Mapa de Riesgo por Rayos para la zona del Departamento de Cundinamarca, que cubre la actual empresa CODENSA. Su distribución, como se puede observar, no es homogénea, presentando zonas de Alto Riesgo por Rayos en el Noroeste, municipio de La Palma, en donde se escogió el Circuito Piloto Experimental para aplicar la metodología propuesta.



**Figura 2.** Mapa del Índice de Riesgo por Rayos -1997- para el Departamento de Cundinamarca[3]

Una evaluación de la información disponible en la antigua Empresa de Energía de Bogotá - EEB sobre fallas de transformadores muestra resultados altamente correlacionados entre las zonas de alta mortalidad de transformadores y Alto Riesgo por Rayos.

Esta observación planteó la necesidad de estudiar con más profundidad los diseños, el modelamiento, su mantenimiento, operación, manipulación y relación del transformador con el entorno electromagnético.

**CONTINÚA EN LA SEGUNDA PARTE**

# TRAYECTORIA DE INVESTIGACIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE FALLA DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN EN COLOMBIA (SEGUNDA PARTE)

Horacio Torres

Carlos Quintana

Milton Salgado

Daniel Rondón

Diego González

Ernesto Pérez

Javier Herrera

Johny Montaña

Camilo Younes

Mauricio Vargas

Luis Gallego

Universidad Nacional de Colombia

Programa de Investigación sobre Adquisición y Análisis de Señales - PAAS-UN

paas@paas.unal.edu.co

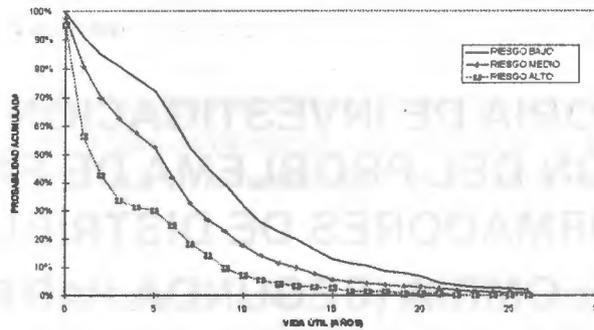
**Resumen** Desde 1989 el Programa de Investigación sobre Adquisición y Análisis de Señales PAAS, ha desarrollado un proyecto de investigación continuo, sistemático y metodológico, para contribuir a encontrar soluciones técnico - económicas, sobre bases científicas y tecnológicas firmes y objetivas, al costoso problema<sup>2</sup> de alta mortalidad de transformadores de distribución. La investigación plantea y pone en práctica una metodología integral que consiste en: Diagnóstico, Desarrollo de modelos matemáticos, Planteamiento de soluciones, Implementación de las soluciones y Control, monitoreo y mantenimiento. Con esta metodología se puede mejorar la Calidad de la Energía Eléctrica y lograr una objetiva, eficaz y confiable solución a la falla de transformadores de distribución en zonas de alta actividad de rayos, con una razonable disminución en los costos de reposición. El presente informe está dividido en dos partes que recogen la experiencia del grupo a lo largo de varios años de investigación. En la segunda parte se presentan los índices para evaluación, las pruebas de laboratorio y campo, el control y monitoreo de variables, el transformador prototipo y la relación Costo / beneficio.

### 3.3 Índices para Evaluación

Como un elemento del diagnóstico y seguimiento, se estudiaron, para los transformadores de la EEB, doce índices de fallas, de los cuales se presenta uno de los más relevantes en la Figura 3.

---

<sup>2</sup> Costos que superan los 6 millones de dólares anuales



**Figura 3.** Probabilidad acumulada de vida útil

El Índice de Vida útil fue elaborado con una muestra de 2500 transformadores, según los formatos de falla de transformadores de la antigua EEB. Se dividió, de acuerdo con el Índice de Riesgo por Rayos en tres zonas: Alto, Medio y Bajo.

Estas curvas presentan años de vida útil de transformadores de distribución muy por debajo de lo garantizado por las empresas fabricantes, con valores del 50% probable de 2 años para zonas de Alto Riesgo por rayos, 5 años para Riesgo Medio y 8 años para zonas de Riesgo Bajo.

Durante cinco años se desarrollaron los modelos matemáticos de los transformadores de distribución fabricados en Colombia. Para el Cálculo de las capacidades se usaron ecuaciones basadas en métodos electromagnéticos o por medio del método de simulación de cargas. El cálculo de la inductancia propia fue realizado por medio de una expresión analítica derivada de consideraciones de campos electromagnéticos.

Para la implementación computacional del modelo matemático del transformador de distribución se utilizó el módulo “*Transformer*” del programa EMTP/ATP, el cual permite incluir las capacidades y la curva de saturación. Se desarrollaron tres modelos para cada tipo de transformador, cada uno de los cuales permite representar el comportamiento del transformador ante señales de baja, media y alta frecuencia (60Hz hasta impulsos tipo rayo).

Con la ayuda del modelo del transformador para altas frecuencias desarrollado para el EMTP/ATP, las mediciones realizadas sobre los diferentes tipos y potencias de transformadores y cálculos teóricos, se elaboraron los modelos matemáticos de todos y cada uno de los tipos y potencias de transformadores, con el objetivo de evaluar el fenómeno de tensiones transferidas entre el devanado de alta tensión y el de baja tensión y, de esta manera, analizar cual es la mejor configuración para el mismo.

Se realizaron más de 5000 simulaciones con el objetivo de comparar el comportamiento del transformador que hemos denominado *Prototipo Nuevo Diseño* con el de los transformadores de diseño estándar.

Las simulaciones se realizaron comparando los transformadores por aparte, con base en el pulso transferido a partir de ondas paso unitario e impulso. Los parámetros de todos y cada uno de los transformadores diseñados y construidos fueron medidos en laboratorio y comparados con los modelos matemáticos desarrollados para el EMTP/ATP. Los resultados de más de 50 transformadores

probados en laboratorio y modelados en el EMTP/ATP durante cinco años muestran una muy buena correlación entre los valores obtenidos con el modelo matemático y los obtenidos en la medición, con errores que no superaron el 10 %.

La fuente de tensión utilizada para simular el impulso fue mediante la ecuación de Heidler. Se varió la magnitud del impulso desde 10V hasta 100kV y se obtuvieron las curvas de tensión presentadas en la Figura 4. Como se puede observar que el transformador Prototipo Nuevo Diseño presenta valores de tensión de pulso transferido de Primario a Secundario 4 veces menor al tipo fabricación estándar con BIL aumentado y 6 veces menor para los transformadores tipo estándar.

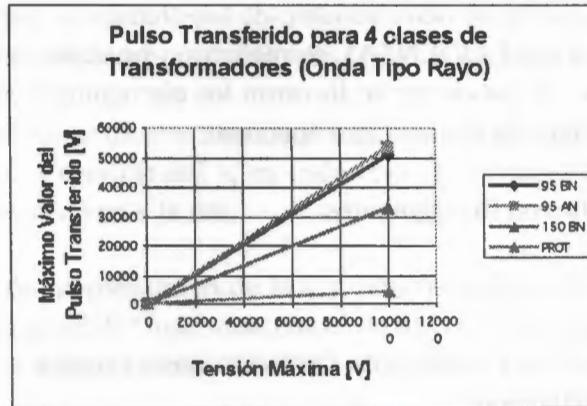


Figura 4. Pulso transferido para 4 tipos de transformadores

Luego de la simulación de cada uno de los transformadores individualmente, se procedió a simular cada uno de los componentes del sistema (descargadores de sobretensión, puestas a tierra, líneas) y completamente el circuito experimental.

El modelo del circuito donde se instalaron los transformadores Prototipo Nuevo Diseño corresponde al ubicado en el municipio de Topaipí, vereda Guachipay.

Las características del circuito que se tuvieron en cuenta para la simulación fueron las siguientes:

- Se hicieron dos simulaciones del circuito completo calculando los parámetros de las líneas para alta y baja frecuencia utilizando el modelo JMarti de parámetros variables con la frecuencia.
- La resistividad del suelo se asumió de  $500 \Omega m$  constante en todos los sitios de la red.
- Los transformadores trifásicos conectados en la red se asumen de diseño estándar para todas las simulaciones.
- Se asumió que las cargas conectadas estuvieran aproximadamente balanceadas.
- La carga conectada a cada uno de los transformadores es igual a la que se colocó en las simulaciones del pulso transferido.

Las simulaciones que se realizaron son de eventos típicos que ocurren en las redes de distribución en zonas de alta actividad de rayos. Para cada uno de los casos se obtuvo la tensión en el lado de baja tensión del transformador ubicado en el nodo GUA5 y conectado entre las fases A y B. Los resultados de las simulaciones presentan valores de pulsos transferidos en los transformadores

Prototipo Nuevo Diseño, muy por debajo de los valores de pulso transferido de los transformadores tipo estándar, ante descargas tipo rayo en una de las fases, como era de esperarse de acuerdo con los resultados de los modelamientos individuales. En los tres años (1998 – 2000) se ha hecho seguimiento al circuito piloto experimental de Guachipay, el resultado es similar a lo modelado. Se ha logrado disminuir la tasa de falla de transformadores en este circuito de 50% anterior a la instalación de los transformadores Prototipo Nuevo Diseño a 0% en 1998, a 7% en 1999 y a 0% en el año 2000, con más de 130 descargas presentadas a menos de 100 metros del circuito.

### 3.4 Pruebas de Laboratorio y Campo

Con el fin de verificar el correcto funcionamiento de los elementos que componen el sistema de distribución rural de EEB (hoy CODENSA), se realizaron pruebas de norma así como pruebas especiales (fuera de norma, en las cuales se llevaron los elementos a condiciones de falla) en el Laboratorio de Alta Tensión de la Universidad Nacional.

Los elementos ensayados fueron los siguientes:

- Cortacircuitos
- Aisladores
- Componentes de la estructura: aisladores, cortacircuitos y cruceta
- Descargadores de Sobretensión
- Fusibles
- Transformadores

Los resultados obtenidos de las pruebas mostraron que los elementos ensayados cumplen con los valores establecidos en las normas en lo referente a los niveles de aislamiento para condición normal y contingencia.

Respecto al circuito piloto experimental de Guachipay se hizo limpieza de servidumbres y modificaciones de las protecciones empleadas, haciendo un estricto control sobre las variables involucradas (incluyendo los procesos de transporte y montaje), de manera que los resultados de las soluciones pudieran atribuirse directamente a éstas y no a otros factores externos a ellas.

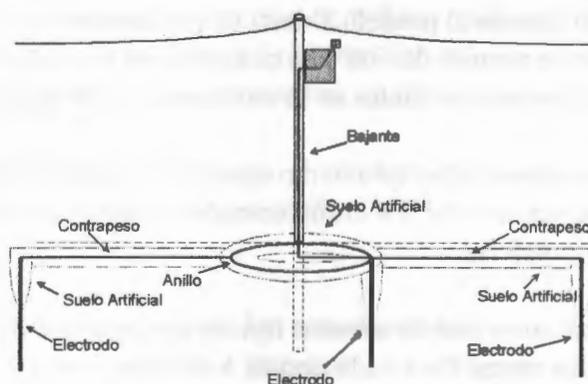


Figura 5. Nuevo Diseño del sistema de puesta a tierra

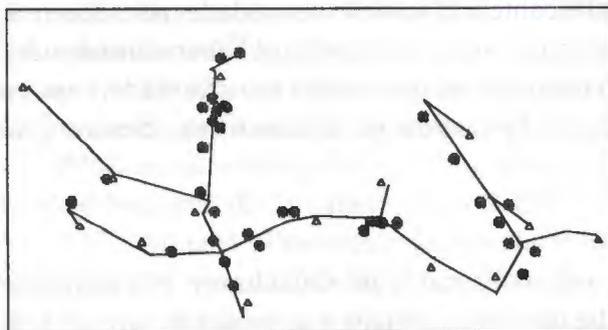
Se diseñó e implementó un sistema de puesta a tierra (Figura 5), el cual ha garantizado no solamente un valor bajo (menor a  $20 \Omega$ ), sino también que se mantenga estable en el tiempo para las diferentes condiciones climáticas, permitiendo así la correcta operación de los descargadores de sobretensión.

### 3.5 Control y Monitoreo de Variables

Ninguna inferencia o conclusión puede ser válida en la solución de un problema de ingeniería, si previamente no se ha tenido en cuenta el control del mayor número de variables involucradas. Para ello implementamos las siguientes actividades:

- Se realizaron mediciones y seguimientos anuales de valores de puesta a tierra menores a  $20 \Omega$  de cada uno de los transformadores instalados en el Circuito Piloto Experimental de Guachipay.
- Con el fin de evitar las fallas de alta impedancia se hizo una limpieza de la servidumbre de la línea del circuito piloto experimental y, en cada uno de los seguimientos, se ha verificado la ausencia de vegetación cercana a la red.
- Se ha venido realizando un monitoreo de la actividad eléctrica (descargas nube - tierra) en el Circuito Piloto Experimental de Guachipay con el fin de poder evaluar la incidencia de descargas y, en caso de falla, si el origen fue una de ellas.

En la figura 6 se muestra la actividad atmosférica alrededor de la línea para el año 2000.



**Figura 6 - Actividad Eléctrica Atmosférica (35 descargas) 100m alrededor del Circuito Piloto Experimental - Año 2000**

## 4. EL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN PROTOTIPO COMPATIBLE Y ÓPTIMO PARA ZONAS DE ALTO RIESGO POR RAYOS

Siguiendo con la metodología planteada al inicio del documento y en conjunto con empresas fabricantes de transformadores y empresas de energía se ha llevado a cabo, durante los últimos cuatro años, el diseño, construcción y puesta en operación de transformadores Prototipo Nuevo Diseño, que sean compatibles y óptimos para zonas de Alto Riesgo por Rayos.

Como fruto de las experiencias con el Circuito Piloto Experimental de Guachipay, y la Estación Experimental de medición de Rayos (Ilyapa) de la Universidad Nacional PAAS-UN, ubicada en el municipio de Samaná, Caldas, los siguientes son, en resumen, los ocho criterios básicos a tener en cuenta para la óptima operación del transformador de distribución Prototipo Nuevo Diseño:

1. Mayor robustez: Incremento del BIL del transformador
2. Reducción del Pulso Transferido: Diseño Bobina - Núcleo
3. Fácil manipulación: Modificación de los soportes mecánicos para transporte en zonas de difícil acceso
4. Mejoramiento de las Protecciones: Descargadores en AT y BT, Autoprotección (CSP), protecciones adicionales en red si es necesario
5. Manipulación e instalación adecuada: mínimo 24 horas de reposo antes de la energización.
6. Mejoramiento de Puestas a Tierra: Puestas a tierra de bajo valor óhmico.
7. Monitoreo y Mantenimiento permanente del sistema - entorno (Red, protecciones, transformador, puestas a tierra, vegetación)
8. Evaluación de la relación Costo / beneficio

## 5. EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN COSTO / BENEFICIO

Respecto al último criterio, hemos evaluado la relación costo/ beneficio para los transformadores instalados en el circuito piloto experimental de Guachipay. Hemos considerado el caso más desfavorable, es decir, un costo del transformador Prototipo Nuevo Diseño 1,5 veces el costo de un transformador estándar. Hoy en día el costo del transformador Prototipo Nuevo Diseño depende de varios aspectos como el fabricante y el número de unidades para adquirir, pero puede llegar a tener un costo igual al de un estándar. Adicionalmente, el haber considerado un costo de 1,5 veces, se hizo sobre la base de la construcción de un solo transformador; sin embargo, por economía de escalas, el costo disminuirá en la medida que se construyan cientos o miles de los mismos.

## 6. CONCLUSIONES

- Los circuitos piloto experimentales de Guachipay (Cundinamarca) y Samaná (Caldas) localizados en una de las dos zonas de mayor actividad de rayos del mundo, muestran resultados promisorios para la solución al problema de falla de transformadores de distribución en Colombia. Por ejemplo, para el Circuito Piloto Experimental de Guachipay, luego de instalados los transformadores Prototipo Nuevo Diseño, la rata de fallas pasó del 50% para el periodo 1990 - 1997, a 0% en el año 1998, 7% en 1999 y 0% en 2000, soportando en los 3 años de seguimiento 134 rayos directos sobre el circuito.
- Hasta ahora solo se han reportado dos eventos: la salida de una línea el 1 de Abril de 1998 por un rayo sin daño de ningún transformador Prototipo Nuevo Diseño y la falla de un transformador Prototipo Nuevo Diseño en Febrero de 1999, el cual fue evaluado en los laboratorios de la Universidad Nacional, presentando falla interna y no por rayo.
- Sin embargo, es ético seguir insistiendo en que tres años es muy poco tiempo para inferir conclusiones definitivas, debido a las variaciones espaciales y temporales del fenómeno del

rayo. Por esta razón, es recomendable continuar con la fase de monitoreo y control por lo menos otros cinco años y ampliar la solución integral a otras áreas de Alto Riesgo por Rayos.

- Utilizar el BIL de los transformadores Prototipo Nuevo Diseño en 125/30 kV y conexión alta tensión contra núcleo. Esta configuración presenta menores tensiones transferidas de primario a secundario, se refuerzan los aislamientos de alta y baja tensión del transformador y tiene un costo menor que la configuración baja contra núcleo.
- El efecto de la disminución del valor de puesta a tierra para altas frecuencias (de impulso) no tiene gran incidencia en las sobretensiones que recibe el transformador; aunque es deseable un valor menor a  $20 \Omega$ , para garantizar una operación confiable del descargador de sobretensión.
- El transformador, una vez instalado en el poste, debe dejarse reposar por lo menos 24 horas, debido al zarandeo que experimenta en el transporte al sitio de instalación.
- Con un costo del transformador Prototipo Nuevo Diseño similar al costo de un transformador tipo estándar, las ganancias por instalación de los primeros para una empresa de energía serán inmediatas con incrementos significativos en la buena Calidad de la Energía Eléctrica.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Carlos Alberto Rodríguez, Tesis de Posgrado, Universidad Nacional, Bogotá - 1999. Fuentes: DANE censo de 1993, Santander Investments (1997), CREG 1999. Costos de Reposición de Transformadores Apropriados para Zonas Tropicales
- [2] Norma Técnica Colombiana de Protección Contra Rayos NTC 4552
- [3] Datos del Sistema de Información de Descargas de Interconexión Eléctrica S.A., ESP-ISA
- [4] FONSECA T., TORO F. "Modelo matemático de Transformador de Distribución para el ATP". Proyecto de Grado Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 1992
- [5] MEDRANO F., PALACIO M. "Modelo Matemático de Transformador trifásico de distribución para el A.T.P". Proyecto de grado Universidad Nacional de Colombia 1994.
- [6] TORRES, H., BARRETO, L. "Modelos de transformadores de distribución", Curso de actualización. ACIEM Cundinamarca, Bogotá, Abril de 1995.
- [7] TORRES H., FONSECA T., TORO H., TRUJILLO O. " Modelación Matemática de Transformadores de Distribución ". Conferencia ENERLAC, Bogotá, 1993.

## AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de esta investigación ha sido posible gracias al apoyo y co financiación de la *Empresa de Energía de Bogotá S.A. ESP., Interconexión Eléctrica S.A. ESP., Colciencias, SIEMENS, Transformadores C&CO Energy, Segeléctrica, Central Hidroeléctrica de Caldas (CHEC) y la Universidad Nacional de Colombia.*

# DE LO MECANICISTA A LO COMPLEJO EN LA FORMACIÓN INVESTIGATIVA DEL INGENIERO

Oscar Fernando Castellanos. Universidad Nacional de Colombia.  
Facultad de Ingeniería. Sede Bogotá. [ocasta@ing.unal.edu.co](mailto:ocasta@ing.unal.edu.co)

**Resumen.** El presente artículo plantea una opción para responder a la necesidad de reestructurar el ciclo de investigación en la maestría de ingeniería química, aplicable a otros posgrados en ingeniería. Este ciclo ha tomado como base epistemológica el método de las ciencias puras con exagerada similitud y rigurosidad, caracterizado por una manera uniforme y mecanicista de razonar, estructurado a partir de cánones del principio hipotético – deductivo. La propuesta gira en torno a tres ejes: el primero centrado en el método positivista, en el cual cada estudiante es objeto del aporte de sus colegas y especialistas en su tema. El segundo eje lo constituye la exploración que debe hacerse de nuevas y no tradicionales formas de abordar el desarrollo del conocimiento, a partir de conceptos como la epistemología constructivista, la complejidad y la inteligencia emocional. Finalmente el tercer segmento ofrece la oportunidad de aplicar las herramientas básicas de gestión a la propuesta de investigación, permitiendo evaluar la eficiencia, la eficacia, la productividad y la pertinencia de los proyectos.

## MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL

La creación del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia se remonta al 29 de octubre de 1936, con el fin de mejorar la enseñanza de las ciencias químicas y reunir los elementos dispersos en las diferentes facultades y escuelas de la Universidad. La definición dada por el American Institute of Chemical Engineers (AIChE) sobre esta ingeniería plantea que es la profesión en la cual el conocimiento de las matemáticas, química y otras ciencias naturales, ganado mediante el estudio, la experiencia y la práctica es aplicado con razonamiento preciso para desarrollar formas económicas de uso de materiales y energía a nivel industrial para el beneficio de la humanidad. Para enfrentar el reto de ofrecer a la sociedad profesionales con estas capacidades la misión del departamento actualmente involucra la promoción de la excelencia de la educación, la asimilación, la producción y la difusión del conocimiento requerido por la industria química; la interacción y la integración con la sociedad, promoviendo la formación de ciudadanos sensibles a los intereses nacionales, libres, creativos, críticos, respetuosos de los valores democráticos, los deberes civiles y los Derechos Humanos. Como puede observarse el compromiso no solo radica en la transmisión y generación de conocimiento en los aspectos técnicos, sino que también involucra la concepción humanista y social en la formación del profesional, aspecto que ha sido analizado detalladamente por Quintero (1996).

Lo anterior no es casual y concuerda con lo planteado recientemente en el decreto 792 del 8 de mayo del 2001, según el cual los programas de Ingeniería deben tener en cuenta la coherencia con el proyecto educativo institucional, así como las necesidades del país, entre otros aspectos. Igualmente hace énfasis en que para el desarrollo integral del estudiante se deben articular mínimo

las siguientes áreas: Ciencias básicas, de Ingeniería, de Ingeniería aplicada y las ciencias socio – humanísticas. Llama la atención precisamente este último componente por cuanto sí bien estas exigencias son principalmente para el nivel de pregrado, es evidente que el posgrado en su enfoque no se puede desligar de lo que es la profesión de Ingeniero como tal y su compromiso social en el ejercicio profesional. Por ello debe esperarse que en posgrado (sea especialización, maestría o doctorado) debe retomarse la formación integral. Adicionalmente a esta tendencia de generar criterios de calidad para las carreras de pregrado, el Ministerio de educación le ha dado instrumentos a la Comisión Nacional de Doctorados y Maestrías, para que vigile y controle la calidad de los diferentes programas en el país, con criterios más rigurosos que los exigidos para los pregrados, especialmente referente a la capacidad investigativa y su pertinencia social (Revista Dinero, Mayo 2001).

Desde su creación el departamento ha venido impulsando la investigación. En 1986, se aprobó el plan de estudios del programa de postgrado en Ingeniería Química y se creó el programa de Maestría en Ingeniería Química, iniciando actividades oficialmente en 1987. Este hecho ratificaba la consolidación de una comunidad de investigadores y un conjunto de proyectos que durante décadas se fue estructurando ([www.ing.unal.edu.co/química](http://www.ing.unal.edu.co/química)). El Plan de estudios se presenta en tres etapas: 1. Ciclo básico obligatorio, con el fin de dar formación de los principios y conceptos fundamentales de la Ingeniería Química, al igual que el manejo de las herramientas matemáticas para la formulación y solución de problemas simples y complejos. 2. Ciclo de énfasis: comprende las asignaturas del área de énfasis escogida y las electivas, para dar un dominio más amplio del campo escogido. 3. Ciclo de investigación propiamente dicho, el cual consta de la Tesis de Maestría en el área de énfasis seleccionada, la cual debe ser sustentada públicamente, y de los Seminarios de Investigación. La maestría tiene como principal objetivo formar profesionales especializados en la investigación, desarrollo y aplicación de procesos químicos acordes con las exigencias de la tecnología y las investigaciones recientes y futuras, teniendo en cuenta los recursos nacionales.

Recientemente se realizó un detallado estudio sobre la competitividad del departamento de Ingeniería Química de la Universidad Nacional (Calderón y Ortiz, 2000), en el cual se le tomó como una organización y se analizó bajo modernas técnicas administrativas y de consultoría estadística. Como resultado se formularon cuatro estrategias prioritarias para el futuro desarrollo integral de los diferentes niveles de formación: mejoramiento de la capacidad administrativa, optimización de la eficiencia de recursos, innovación y modernización, e integración con el medio externo. Estas estrategias están encaminadas a afianzar los factores claves determinados tanto para pregrado como para posgrado.

## **FORMACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN EN LA MAESTRÍA**

Como puede observarse hasta el día de hoy el principal objetivo de la maestría explícitamente está concentrado en la formación técnica. Esto es evidente al revisar el pènsum de las materias de los ciclos básico y de énfasis. Desafortunadamente aun no se han incluido contenidos que desarrollen a este nivel los componentes de la formación integral antes referenciados, relacionados con las áreas sociales y humanísticas. Este aspecto ha de tenerse en cuenta de forma prioritaria al momento de pensar en procesos como el de acreditación. Respecto al tercer ciclo, dedicado a la investigación, el cual se compone de tres materias: Metodología de la investigación (I semestre), seminario I y II (III y IV semestres, respectivamente) puede mencionarse que al analizar la información suministrada

por la dirección curricular de la Maestría (véase en la [www](#) antes referenciada), su papel como aspecto esencial hace énfasis en el desarrollo conceptual y de ciertas habilidades del futuro investigador, pero con un sesgo bastante tradicional y poco abierto a las nuevas tendencias del desarrollo epistemológico de la ingeniería, como de otras áreas del conocimiento. En el caso de Metodología de la investigación, que tiene como objetivos dar elementos conceptuales y metodológicos para abstraer y racionalizar caminos que conduzcan a la obtención de nuevos conocimientos, orientados hacia la práctica investigativa; ha tomado principalmente bases de la epistemología desarrollada en el seno de las ciencias básicas. Sin embargo, deja de lado las nuevas tendencias de la epistemología constructivista. De igual manera en los seminarios posteriores I y II se presta atención al tema de investigación que cada estudiante está llevando a cabo, asumiéndose erróneamente que ya se cuentan con los elementos indispensables para el desarrollo investigativo de forma idónea y recursiva. Lo anterior se pudo confrontar durante tres años consecutivos, periodo en el cual el Seminario II se evaluó, encontrándose que la capacidad del tesista para plantear nuevas y creativas formas de realizar o complementar su trabajo es bastante moderada, inclusive se encontraron dificultades para expresar ideas en forma escrita y en la mayoría de los casos, habiendo prácticamente acabado la parte presencial de las asignaturas, el tema de la tesis era difuso y no se contaba con la experiencia real de escribir artículos con rigurosidad científica para revistas especializadas. También fue sorprendente encontrar que los futuros egresados de la maestría en su último semestre prácticamente no tenían elementos mínimos de gestión, ya fuera de los procesos investigativos, de los proyectos o de la tecnología en desarrollo.

Adicionalmente, en este contexto se manifiesta en la formación del posgraduando una gran carencia de un enfoque holístico de los problemas investigados, dejando de lado, como fue reconocido en el foro “Formación de recursos humanos en Ingeniería” (Acofi, 2000 – [www.acofi.edu.co](#)), la necesidad de estar fuertemente comprometidos con el desarrollo nacional y poseer sensibilidad, es decir, de ser un científico capaz de abordar problemas mundanos en compañía de otras ciencias para obtener soluciones autóctonas y de la realidad colombiana.

En la armazón metodológica de la inmensa mayoría de trabajos de investigación sustentados y en curso se ha tenido el principio de la eficiencia y el método científico reduccionista positivista, el cual plantea problemas, formula hipótesis y verifica dichas hipótesis (Barragan, 1977). El investigador se ocupa de garantizar la seriedad de su disciplina velando porque se utilice escrupulosamente el método científico analítico positivo que él mismo procura analizar. En la base de todo el método científico “normal y formal” están: los criterios de claridad y distinción que constituyen el núcleo de la primera de las reglas del método cartesiano, propuestas en el Discurso del Método en 1637, la división de cada dificultad en tantas partes como sea posible, y la necesidad de ordenar el pensamiento de lo simple a lo complejo en una ascensión gradual. Si bien este enfoque está ajustado para ciencias que involucran la experimentación y su análisis cuantitativo verificable, generando avances significativos, su aplicación rutinaria y excluyente de alternativas contemporáneas de abordar el desarrollo del conocimiento encierra la tarea de la investigación en un laberinto mecanicista. En los últimos 50 años parece que el referente formal de la epistemología positivista se ha quedado invalidado para dar explicación del fenómeno que representa la evolución del saber, el cual está definido por su proyecto y no como antes por su objeto. Probablemente en las ciencias de los sistemas artificiales o en las de la complejidad, podrá encontrarse un nuevo referente epistemológico que se pueda retomar al momento de diseñar modelos en la investigación, incluso en áreas de la ingeniería, que complementen a los modelos tradicionales.

## ALTERNATIVAS PARA LA INVESTIGACIÓN

Lo anterior supone asumir como base que el conocimiento es un proceso gradual, donde se van superando las primeras experiencias de los objetos hasta llegar a un saber más acorde con lo real (Barragan, 1977). Al respecto, Jean Piaget (1972) profundiza sobre el concepto de la epistemología como el estudio del paso de los estados de mínimo conocimiento a los estados de conocimiento más riguroso. Lo que se denominó como la “crisis de la ciencia clásica” que concebía el universo en forma determinista en el siglo XIX, se vio influida con nociones como la de calor. De su estudio se generaron las interpretaciones de orden, desorden y dispersión al interior del método científico formal, donde se empezaron a reforzar ideas tales como el azar. Surge entonces la necesidad de un principio de explicación más rico que el principio de simplificación, en la necesidad de distinguir y analizar, teniendo en cuenta el precedente, el objeto y el entorno, la realidad observada y el observador. La construcción del saber ha sugerido como referente del método en términos de certeza. Sin embargo, en uno de sus últimos trabajos, Morin (2000) indica que las ciencias han mostrado certezas, pero a su vez han revelado a lo largo del siglo XX innumerables campos de incertidumbre, los cuales deben abarcarse adecuadamente en el desarrollo de la ingeniería. Por ello, se tendrían que enseñar principios de estrategia que permitan afrontar los riesgos (no solamente desde el enfoque formal del cálculo probabilístico y la estadística), lo inesperado, lo incierto, y modificar su desarrollo en virtud de las informaciones adquiridas en el camino. Según Morin es necesario aprender a navegar en un océano de incertidumbres a través de archipiélagos de certeza.

La Epistemología constructivista, la cual ha sido abordada en su aplicación a la ingeniería (Calero y otros, 1996; Gelvez y Ordoñez, 1996), se basa en la hipótesis de que el conocimiento es la representación de la experiencia cognoscitiva. El argumento inicial de esta gnoseología que comparten todas las epistemologías constructivistas (potencialmente también divididas en sus variantes) se contraponen a aquel del principio absoluto del sujeto conociente capaz de fijar cualquier valor al conocimiento que constituye. En la epistemología positivista el conocimiento implica un sujeto conociente y no tiene sentido o valor fuera de él. En el constructivismo el conocimiento que se puede construir de un real es aquel que su propia experiencia le otorgue. La respuesta “fenomenológica” del paradigma constructivista al problema conceptual que se plantean todas las epistemologías (del realismo al idealismo) es la significación de la correspondencia entre el conocimiento y su representación.

Con el transcurrir del tiempo y el avance en diferentes campos como la ciencia y la tecnología, se ha introducido un nuevo término: La Complejidad, un aporte hecho por Wiener y Ashby, los fundadores de la Cibernética. La innegable importancia que este término tiene, hace necesario proporcionar una definición que ofrezca una base conceptual clara que permita su incorporación de forma evidente en los seminarios de investigación modernos. La complejidad puede concebirse como un tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones y azares, que constituyen el mundo fenoménico. El azar se hace presente en esta definición dado que la complejidad no comprende solamente cantidades de unidades e interacciones, sino que también alberga incertidumbres en el seno de los sistemas ricamente organizados, indeterminaciones y fenómenos aleatorios. Es este fenómeno el que genera una relación estrecha entre los conceptos de entropía y negentropía, donde el primero prevalece a nivel de las grandes poblaciones y el segundo se hace presente en las unidades elementales, porque existen sistemas semialeatorios cuyo orden

es inseparable de los sistemas que contienen. La complejidad no se puede tomar como el camino para eliminar la simplicidad, ya que ésta integra los modos simplificadores de pensar, rechazando las consecuencias mutilantes, reduccionistas y unidimensionales de ver la realidad; por lo tanto, el pensamiento complejo aspira al conocimiento multidimensional (Morin, 1989).

## RESULTADOS DE UN NUEVO ENFOQUE EN EL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

En la maestría de Ingeniería química de la Universidad Nacional, Sede Bogotá, y como resultado de cuestionar la forma habitual de llevar a cabo el seminario de investigación, se ha originado una propuesta, que pretende ampliar la visión sobre el desarrollo del conocimiento para los estudiantes de IV semestre en Seminario II (participaron 17 estudiantes), en la cual su contenido gira en torno a tres ejes. El primero centrado en el método positivista del desarrollo de la investigación, en donde cada estudiante es objeto del aporte de sus colegas de seminario y especialistas de la universidad así como profesionales externos (preferentemente de la industria), invitados por cada seminarista, mediante la metodología de la sustentación. Como resultado de este proceso se han enriquecido los proyectos de investigación y generalmente se han encontrado cuestionamientos sobre la pertinencia del tema referente al desarrollo y las necesidades del sector productivo, así como se han recibido críticas y observaciones sobre el impacto social y ambiental de los proyectos. Adicionalmente, en esta parte del curso se exige la presentación de un artículo sobre la investigación, debidamente formalizado en una revista especializada. Este ejercicio ha permitido garantizar que cada egresado por lo menos tenga al momento de graduarse una publicación, mejorando a su vez los indicadores de productividad académica de la maestría.

El segundo eje lo constituye la exploración que el estudiante debe hacer de nuevas formas de abordar el desarrollo científico, a partir de conceptos como la epistemología constructivista, la complejidad y la inteligencia emocional (Concepción desarrollada en contraposición a las teorías basadas en el coeficiente intelectual como única medida para determinar capacidad de acceder y desarrollar conocimiento. El coeficiente emocional supone que en las emociones y su debida canalización se encuentra la energía vital y la autenticidad que generan procesos de saber y hacer. Reconoce aspectos como las sensaciones, la capacidad creadora y la intuición, complementarios a la capacidad de raciocinio – Cooper y Sawaf, 1997), todas ellas tienen como objetivo despertar el interés por descubrir formas alternativas, no tan tradicionales pero igualmente válidas de acceder al conocimiento o de simplemente desarrollar la creatividad. La ejecución de esta parte se realizó mediante la lectura de literatura especializada (Morin, 1989; Cooper y Sawaf, 1997, etc), y su posterior discusión en grupo, que dieron los elementos para la presentación de un ensayo sobre formas integradas para el desarrollo del conocimiento. Adicionalmente se invitó a uno de los profesores encargados del Seminario – taller interdisciplinario en Creatividad existente en la Universidad Nacional. Como resultado en un principio y debido a los paradigmas tomados como referencia desde la concepción epistemológica positivista se encontró extrañeza y casi rechazo hacia los temas propuestos. Sin embargo, al avanzar el proceso de asimilación, los estudiantes quedaron motivados a complementar su estructura tradicional en la investigación con los conceptos y propuestas planteadas desde este tipo de visiones. En la gran mayoría de casos se manifestó el interés por continuar con las lecturas del seminario y se reconoció los aportes y el amplio espectro de oportunidades que se pueden encontrar en el reconocimiento que para la investigación en ingeniería el método mecanicista no lo es todo.

El tercer segmento enfrenta al estudiante con las herramientas más básicas de la gestión, aplicadas a su propuesta de investigación desde un enfoque de la gestión tecnológica, la cual puede interpretarse en términos del desarrollo científico de técnicas para entender y resolver una diversidad de problemas, tales como: la predicción tecnológica, el buen manejo de apoyos gubernamentales, la información científica y tecnológica, las estructuras organizacionales adecuadas para la investigación y el comportamiento humano en el proceso de desarrollo tecnológico; la planeación y control de proyectos, la vinculación entre las unidades de investigación y de producción; la legislación en propiedad intelectual, etc. (Solleiro, 1988). La importancia de incorporar conceptualmente la gestión en la ingeniería ha sido cada vez más aceptada y discutida con suficiente demostración en trabajos de autores nacionales (Duque y otros, 1999; Vidal, 1996). Como resultado se ha evaluado la eficiencia, la eficacia, la productividad y la pertinencia del trabajo de tesis realizado por cada estudiante como un proceso real de ser medido, analizado, planeado y controlado. En este caso la aplicación de diferentes modelos de innovación, planeación tecnológica, diseños experimentales y proyecciones técnico-económicas de los temas desarrollados le han permitido al estudiante sensibilizarse de la necesidad de relacionar la investigación con necesidades reales de la sociedad, así como adquirir elementos de control y seguimiento de los proyectos emprendidos, los cuales hasta ese momento habían sido en su mayoría desconocidos y no aplicados.

Finalmente debe mencionarse que después de la aplicación de esta propuesta, la cual se fue ajustando y mejorando en cada ciclo, los estudiantes adquirieron nuevos y diversos elementos para el desarrollo de su actividad investigativa. Obviamente tan solo se probaron algunos de los conceptos y alternativas que hoy se manejan en el desarrollo del conocimiento, lo cual implica que para futuras ocasiones podrán ser complementados con otras teorías y tendencias. Lo importante, como se mencionó anteriormente, radica en ofrecer a la investigación en ingeniería, además de los elementos de la epistemología positivista, un entorno permeable a otras formas menos tradicionales pero igualmente válidas para avanzar en el desarrollo científico y tecnológico.

## Referencias

- Barragan H.** 1977. Epistemología. Editorial Enseñanza desescolarizada.
- Calderón J, Ortíz H.** 2000. Proyecto de grado: Competitividad científica y tecnológica del departamento de ingeniería química, Universidad Nacional.
- Cooper R, Sawaf A.** 1997. La Inteligencia emocional aplicada al liderazgo de las organizaciones. Norma. Bogotá.
- Dínero.** 2001. Mayo. Revista.
- Duque M, Gauthier A, Loguerrero J, Pinilla A, Aubad R, López H.** 1999. Formación de recursos humanos para la innovación y el desarrollo tecnológico en Colombia. En memorias de la XIX reunión nacional de facultades de ingeniería: Ingeniería, Calidad y Desarrollo. Acofi.
- Gelvez J, Ordóñez G.** 1996. La E3T abriendo puertas al constructivismo?. En las memorias de la XVI reunión nacional de facultades de ingeniería – Educación en ingeniería: ¿cómo hacerla? Acofi.
- Llanes A, Calero L, Orozco M.** 1996. Constructivismo en la enseñanza de la ingeniería: un proceso viable?. En las memorias de la XVI reunión nacional de facultades de ingeniería – Educación en ingeniería: ¿cómo hacerla? Acofi.
- Morin E.** 1989. Introducción al pensamiento complejo. Editorial Gedisa. España.
- Morin E.** 2000. Los siete saberes necesarios para la educación del futuro. Ministerio de educación nacional. Colombia.
- Piaget J.** 1972. Naturaleza y método de la epistemología. Editorial Proteo. Buenos Aires. Argentina.
- Quintero A.** 1996. La formación integral del profesional de ingeniería química?. En la memorias de la XVI reunión nacional de facultades de ingeniería – Educación en ingeniería: ¿cómo hacerla? Acofi
- Solleiro J.** La Gestión y la Administración de Tecnología. Cuaderno del Instituto de Investigaciones Jurídicas. Universidad Autónoma de México. México. 1988. Año 3. Número 9.
- Vidal F.** 1996. Se necesita el tema de gestión en la ingeniería?. En las memorias de la XVI reunión nacional de facultades de ingeniería – Educación en ingeniería: ¿cómo hacerla? Acofi.

# **DISEÑO CURRICULAR DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE LA SALLE**

**Hernán Carvajal-Osorio, Decano Facultad de Ingeniería Eléctrica; Fernando Gómez G., Alvaro Venegas T., Luis Hernando Correa, Doris Malaver Q., Teodoro Gómez G., Marco de J. Bonett, Coordinadores de Área de la Carrera de Ingeniería Eléctrica,  
Universidad de La Salle**

A partir de un diagnóstico de problemas y necesidades sobre factores determinantes en los procesos de renovación y mejoramiento de la calidad en la educación superior, específicamente de la Ingeniería Eléctrica, el rediseño curricular se fundamenta en la aplicación de un conjunto de criterios orientados a fortalecer la formación integral y básica, para luego, hacia mediados y final de la carrera, fortalecer al estudiante en los campos propios de la ingeniería eléctrica, proporcionando al mismo tiempo la flexibilidad necesaria para dar respuesta a las inclinaciones y condiciones particulares de los aspirantes, utilizando el sistema de créditos, así como para su adaptación a las exigencias modernas del mercado, satisfaciendo las necesidades del sector.

El Plan de Estudios previsto para entrar a funcionar en el año 2002 en la Universidad De La Salle, se presenta con una estructura novedosa, en forma de una matriz, comprendiendo los ciclos académicos de Fundamentación, Profesional y de Énfasis, organizados en torno a los núcleos de formación Básica, Específica y Lasallista Integral, desarrollados por medio de áreas y subáreas disciplinares. El seguimiento de su ejecución y las evaluaciones se harán en base a Competencias definidas para cada espacio académico.

El rediseño curricular contempla el suficiente conjunto de elementos formativos y organizativos necesarios para garantizar los altos niveles de calidad exigidos en la formación del ingeniero moderno.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Se presenta la reestructuración a que ha sido sometido recientemente el diseño de la Carrera de Ingeniería Eléctrica en la Universidad De La Salle, con la cual se busca actualizar la gestión curricular según las necesidades reales de formación de los ingenieros colombianos en esta área, respondiendo así a las exigencias modernas, no solo de carácter académico o pedagógico, sino también a las de carácter social, económico y político, a la vez, que se ofrece un programa más atractivo a los jóvenes que prefieran este tipo de formación.

A partir de un diagnóstico actualizado de problemas y necesidades de la formación profesional, luego de varias consultas con egresados, profesionales, empresarios, estudiantes y docentes, con la revisión de programas de otras universidades tanto nacionales como extranjeras, se presentan aquí los criterios que orientaron la reestructuración, con las características fundamentales que se desarrollaron para el nuevo Currículo, describiendo el nuevo Plan de Estudios y terminando este trabajo con algunas conclusiones que se han considerado como las más importantes.

## **2. DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS Y NECESIDADES**

El diagnóstico de problemas y necesidades se realizó sobre los factores que ejercen presión en Colombia para inducir procesos de renovación educativa, referidos al caso de la Ingeniería Eléctrica, tal como se aprecian en la actualidad y se vislumbran hacia el futuro. Dichos factores relacionados a continuación, presentan el siguiente diagnóstico con su correspondiente balance resumido de Problemas y Necesidades:

### **2.1 Conocimiento científico y tecnológico**

La deficiente cultura investigativa orientada a la solución de problemas asociados al desarrollo nacional, obliga a fomentar el conocimiento y aplicación del método científico, así como las actividades de investigación desde los semestres intermedios e, igualmente, a introducir espacios con alto contenido de conocimientos y avances tecnológicos de punta.

### **2.2 Desarrollo humano**

El sistema educativo tradicional hace mucho énfasis en la parte instruccional pero poco se preocupa por el desarrollo de la persona y sus posibilidades de interrelación social y con el medio. La educación debe ser más integral, que incluya aspectos de instrucción, enseñanza, formación y aprendizaje, y con mayores exigencias a docentes y estudiantes. Para ello se requiere motivar y facilitar procesos de aprendizaje antes que procesos de simple instrucción o transmisión de información, integrando la formación lasallista y humanista con la formación académica.

### **2.3 Contextos interno y externo**

El país está permanentemente sometido a transformaciones en sus esquemas políticos, económicos y sociales, que evolucionan de acuerdo con el grado de desarrollo que se va alcanzando, y con las orientaciones que le imprimen los estamentos de los poderes públicos. Específicamente, en el sector energético, en la última década se ha producido una profunda transformación en la gestión de los recursos y en la prestación de los servicios, consistente fundamentalmente en una apertura a la intervención privada dentro de un ambiente de competencia. La educación ha marchado a la zaga de la evolución social, cumpliendo un papel de respuesta sólo a las necesidades, mas no ejerciendo un ligerazgo que le permita marcar el rumbo, con formación en suficientes componentes económico-administrativos y en la gestión con toma de decisiones. Es por ésto que se necesita adaptar el Plan de Estudios a la nueva dinámica del sector eléctrico, originada en los procesos de globalización internacional, apertura económica y privatización, sentando las bases para una labor de avanzada en la cual, por medio de investigación centrada en los avances tecnológicos y en los últimos desarrollos económicos y administrativos, pueda el sistema educativo orientar las transformaciones del entorno energético del país. Igualmente, el Plan de Estudios debe ser flexible para introducir oportunamente los cambios y actualizaciones necesarios.

### **2.4 Modelos pedagógicos**

El enfoque tradicional de transmisión de conocimientos, en el cual el papel protagónico es el del profesor, mientras el alumno desempeña una función pasiva de recepción y asimilación, es completamente inadecuada en el nuevo sistema educativo. Por lo tanto, se requiere modernizar los modelos pedagógicos, buscando que el estudiante pase a ser el centro y actor principal del proceso, proporcio-

nando elementos y sentando bases para el desarrollo de habilidades de aprendizaje y la búsqueda de conocimiento e información. Ello implica un uso más intensivo de moderna tecnología didáctica que involucra software especializado, multimedia, redes de datos, medios audiovisuales, etc.

## **2.5 Tendencias administrativas**

Los modelos administrativos tradicionales han puesto la pedagogía al servicio de la administración, al contrario como debe ser, además de que la infraestructura administrativa es poco adecuada para soportar procesos de interacción sistemática entre la universidad y la industria. Se requiere, por tanto, una gestión administrativa dentro de conceptos empresariales, con formulación de objetivos y resultados, manejando áreas de formación como centros de servicios educativos, además de una interacción muy estrecha entre la academia y la industria, que permita administrar eficientemente pasantías, trabajos de grado e investigación aplicada a procesos industriales e institucionales.

## **3. CRITERIOS QUE ORIENTARON LA REFORMA Y SU APLICACION**

En la reestructuración de la carrera de Ingeniería Eléctrica se tuvieron en cuenta los siguientes criterios y orientaciones emanados de la Vicerrectoría Académica de la Universidad, como guía general para los proyectos curriculares y planes de estudio de los programas de pregrado.

### **3.1 Interdisciplinariedad**

Este criterio propugna por la integración de disciplinas y saberes profesionales, para adquirir visiones globales en el planteamiento y solución de problemas reales en los que se presenta la conjunción de diversas disciplinas sin salirse del enfoque de la carrera específica.

### **3.2 Esencialidad**

Se refiere a que el plan de estudios debe estar conformado únicamente por las disciplinas que sean del todo esenciales en la formación del ingeniero que se pretende, por lo cual, se incluyen sólo asignaturas o espacios académicos propios del nivel universitario, reuniendo en una misma asignatura disciplinas de naturaleza isomórfica que pueden ser tratadas de manera integral, y se reducen el número de asignaturas y las horas presenciales en el aula al mínimo necesario para exponer y discutir los temas fundamentales, dejando los complementos para trabajo dirigido independiente individual y de grupo.

### **3.3 Flexibilidad**

Para dar la oportunidad a los estudiantes de incursionar en áreas de interés particular a través de cursos electivos o de énfasis y de estudio independiente con la ayuda de recursos tecnológicos, bajo la orientación del docente o tutor.

### **3.4 Fortalecimiento de la formación básica disciplinar y profesional**

Con ello se busca proporcionar al estudiante una estructura de pensamiento sólida y el desarrollo de conceptos fundamentales de las ciencias básicas de la ingeniería, para la adquisición de autonomía intelectual en la formulación y solución de problemas de la carrera y de la propia persona.

**3.5 Privilegio a la investigación formativa y al desarrollo de investigación aplicada**  
Para motivar la búsqueda, la indagación, la curiosidad y el pensamiento autónomo y creativo del estudiante, que le permita luego iniciar el desarrollo de investigación aplicada a contextos específicos en el área de formación profesional, dirigida a entender la realidad del medio de desempeño y a proponer soluciones válidas y viables según las condiciones impuestas.

**3.6 Formación por competencias profesionales**  
Como modalidad educativa que responde a las necesidades formativas del profesional actual, la aplicación del concepto de formación por competencias obliga a introducir cambios importantes en la estructuración de los espacios académicos, especialmente en las metodologías pedagógicas y en las técnicas evaluativas.

#### **4. ESTRUCTURACION DEL PLAN DE ESTUDIOS**

Teniendo en cuenta el diagnóstico de Problemas y Necesidades antes descrito, y con base en los criterios expuestos, el Plan de Estudios se ha estructurado en los Núcleos de Formación Humanista, Básica y Específica, los cuales se desarrollan progresivamente a través de los Ciclos Académicos de Fundamentación, Profesional y de Énfasis. Cada uno de los Núcleos de Formación está conformado por Espacios Académicos o Asignaturas, agrupados en Areas y Subáreas, como puede apreciarse esquemáticamente en las Gráficas No. 1 y 2 que se anexan y de acuerdo a la descripción siguiente.

##### **4.1 Descripción de los Núcleos de Formación (Orientación vertical en la Gráfica No. 1)**

###### **4.1.1 Núcleo de Formación Humanista**

Este Núcleo comprende la fundamentación básica en el Proyecto Educativo Universitario Lasallista y en el Modelo Formativo, así como la fundamentación en la cultura científica (método científico y desarrollo histórico de la ciencia) y en la formación necesaria para la investigación. Está conformado por el Area de Formación Integral Lasallista, la cual a su vez comprende las Subáreas de Humanística e Investigación, con los espacios académico indicados en la parte superior de la Gráfica No. 1.

###### **4.1.2 Núcleo de Formación Básica**

Este grupo de espacios académicos está orientado a proporcionar conocimientos y técnicas básicos durante los ciclos de Fundamentación y Profesional, en las Areas de Matemáticas, Ciencias Naturales (Física y Química) y Básica de Ingeniería, esta última con formación hacia la Ingeniería Eléctrica.

###### **4.1.3 Núcleo de Formación Específica**

Este Núcleo corresponde a la formación específica de la Ingeniería Eléctrica, a desarrollarse desde los inicios de la Carrera y hasta el octavo Semestre, y comprende los saberes y competencias propios de esta profesión, en sus diferentes opciones de desempeño, con las Áreas de: Potencia Eléctrica; Electrónica, Control y Telecomunicaciones y Económica y Administrativa.

##### **4.2 Descripción de los Ciclos Académicos (Orientación horizontal en la Gráfica No. 1)**

###### **4.2.1 Ciclo de Fundamentación**

Este ciclo, que se desarrolla durante los primeros cuatro semestres de la carrera, está orientado a: proporcionar las bases conceptuales y metodológicas de la carrera, fomentar actitudes y valores para el desarrollo de las competencias básicas, comunicativas y lingüísticas, desarrollar aptitudes

para los trabajos de investigación y desarrollar el espíritu y los conceptos lasallistas que deben caracterizar al estudiante de esta Universidad.

#### 4.2.2 Ciclo Profesional

Es el ciclo orientado a: dotar al estudiante con los conocimientos y técnicas básicas propias de la Ingeniería Eléctrica, aplicar conocimientos y técnicas a la solución de problemas específicos de la profesión, reafirmar las competencias y habilidades propias de la carrera que debe adquirir el estudiante para hacerlo autónomo y creativo en la solución de cualquier problema, capacitar para usar en forma creativa los saberes profesionales, capacitar para usar en forma adecuada las modernas tecnologías, entender y reflexionar sobre las implicaciones éticas, sociales y culturales del uso del conocimiento y tecnología de la profesión. Este ciclo tiene su mayor desarrollo entre los semestres 5° y 8°, pero por razones de logística se extiende hasta el 9° y 10° semestres.

#### 4.2.3 Ciclo de Énfasis

Es el espacio orientado a permitir que el estudiante acceda a conocimientos que satisfagan sus intereses y aptitudes y complementen la formación básica y profesional, contribuyendo a su formación profesional, científica e investigativa en temas de importancia y actualidad que complementen la formación integral.

### 5. FORMULACION DEL PLAN DE ESTUDIOS

El Plan de Estudios en proceso de implementación se detalla en la Gráfica No.1, donde se observa la estructura general por Ciclos de desarrollo y por Núcleos académicos con sus respectivas áreas y subáreas. Adicionalmente, en la Gráfica No. 2 se presentan la organización y espacios académicos propuestos para el Ciclo de Énfasis.

#### 5.1 Descripción de la Áreas

Las áreas son agrupaciones de espacios académicos que se complementan entre sí, conformando sectores bien definidos de la formación y, como tal, permiten encauzar el cumplimiento de objetivos específicos de la carrera. Se encuentran agrupadas en las siguientes seis (6) áreas académicas:

- *Área de Formación Integral Lasallista*
- Área de Matemáticas y Ciencias Básicas.
- Área Básica de Ingeniería
- Área de Potencia Eléctrica.
- Área de Electrónica, Control y Telecomunicaciones
- Área Económica y Administrativa

#### 5.2 Descripción del Ciclo de Énfasis

El Ciclo de Énfasis, aspecto muy particular del nuevo Plan de Estudios, se desarrolla durante los dos últimos semestres de la carrera, y en él el estudiante efectúa una profundización en alguna de las Áreas del ciclo profesional, con el fin de completar su formación en uno de los ciclos de su preferencia, escogido bajo la guía de un docente tutor. Se señalan en el Gráfico No. 2.

Se ofrecen, inicialmente, tres líneas de énfasis, con sus correspondencias respectivas, denominadas: Énfasis en Potencia y Energía (correspondiente al Área de Potencia Eléctrica), Énfasis en Comunicaciones y Control (correspondiente al Área de Electrónica, Control y Telecomunicaciones), y Énfasis en Gestión Empresarial (correspondiente al Área Económica y Administrativa). El

estudiante debe elegir el énfasis que desea cursar y éste aparecerá en el título profesional que le otorgue la Universidad. Con la modalidad de créditos, quedaría abierta la posibilidad de que el estudiante desarrolle más de un énfasis. Igualmente, puede complementarlo con materias que tome en otras Facultades de ésta u otras universidades (bajo convenios).

El Ciclo de Énfasis se desarrolla simultáneamente con la terminación del Ciclo Profesional y con el Trabajo de Grado, en cualquiera de sus modalidades, como se explica más adelante. Para cursar un Énfasis el estudiante debe tomar tres asignaturas de las ofrecidas por la Facultad, dos en el noveno semestre y una en el décimo, las cuales pueden ser seleccionadas de una catálogo amplio ofrecidas en modo semipresencial. En la Gráfica No. 1 se indican los catálogos correspondientes.

### **5.3 Modalidad de Grado**

En el noveno semestre de la Carrera, además de haber elegido el énfasis que desea darle a su formación, el estudiante deberá haber seleccionado la opción de grado, entre las siguientes:

- Realizar un Trabajo de Investigación y/o desarrollo, en la modalidad tradicional de Monografía;
- Realizar Práctica Profesional de tiempo completo (un semestre) en el tema del énfasis seleccionado;
- Tomar dos asignaturas adicionales, a ser elegidas por el estudiante entre las ofrecidas en los diferentes énfasis, las cuales deberán contener proyectos o trabajos especiales de curso. También podrán ser tomadas en unidades de posgrado, en otras facultades o universidades.

La definición y procedimientos para cada una de las anteriores modalidades tendrán su correspondiente reglamento.

## **CONCLUSIONES**

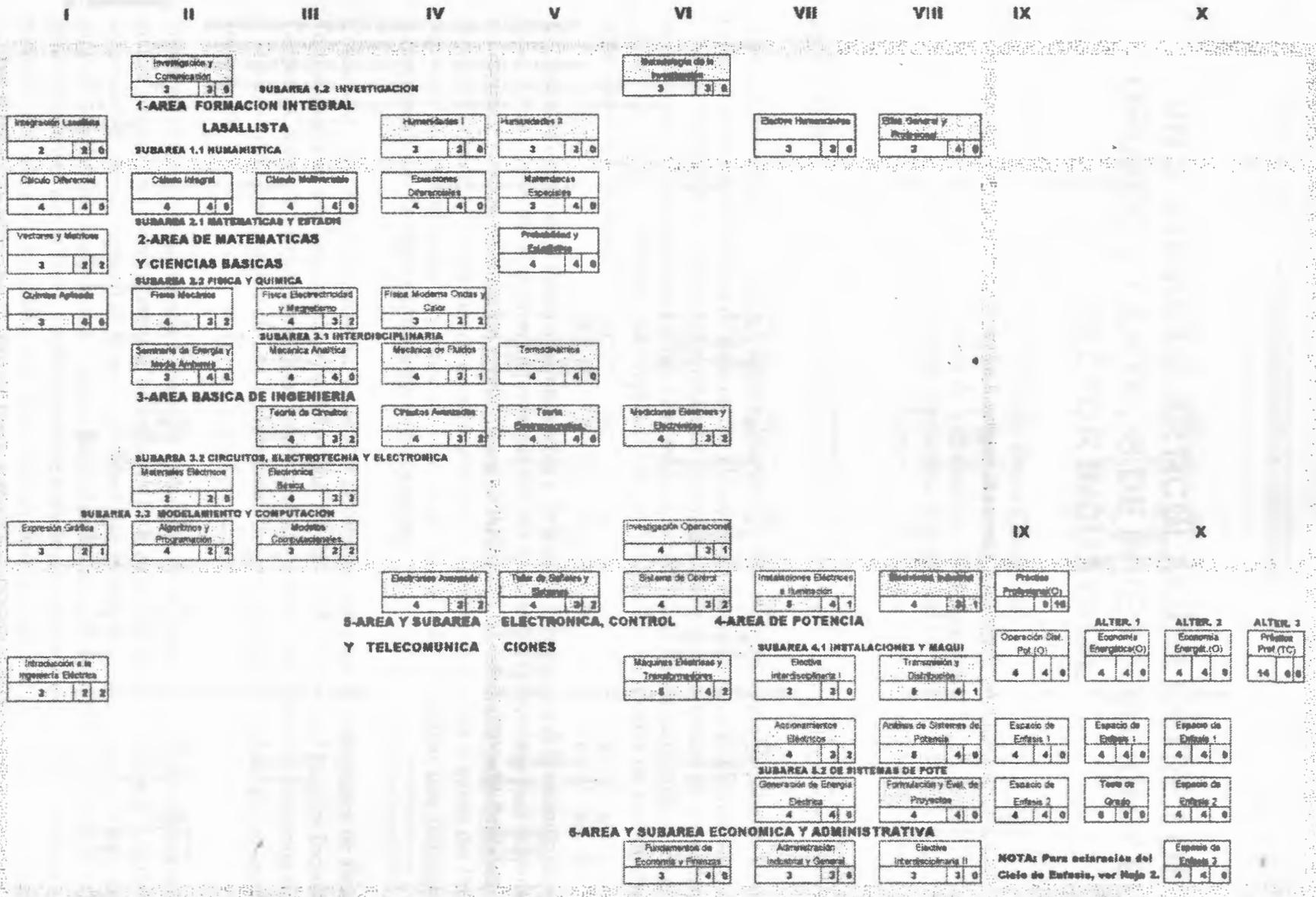
El rediseño curricular de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad De La Salle contempla un conjunto de elementos formativos y organizativos avanzados de diversa índole, orientados a garantizar altos niveles de calidad dentro de la filosofía de formación impulsada por esta Universidad, con suficiente flexibilidad para realizar ajustes permanentes exigidos por el rápido avance tecnológico y los cambios en las necesidades nacionales. Ésto también hace el Currículo muy atractivo para los jóvenes que deseen ingresar a la Carrera, debido a las posibilidades de escogencia de su preferencia y la flexibilidad de realización de sus estudios, a una velocidad de acuerdo a las capacidades e intereses de cada quien, por supuesto, dentro de ciertos parámetros.

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI

NUCLEO HUMANISTA

NUCLEO DE FORMACION BASICA

NUCLEO DE FORMACION ESPECIFICA



CICLO DE FUNDAMENTACION										CICLO PROFESIONAL										CICLO DE ENFASIS																					
I			II			III			IV			V			VI			VII			VIII			IX			X-AR. 1			X-AR. 2			X-AR. 3								
18	18	21	20	18	22	23	19	27	22	18	27	22	22	24	22	20	27	22	20	23	24	22	20	12	12	18	20	14	8	0	8	18	18	0	18	14	0	8	14	0	8
CREDITOS NT NP NS			CREDITOS NT NP NS			CREDITOS NT NP NS			CREDITOS NT NP NS			CREDITOS NT NP NS			CREDITOS NT NP NS			CREDITOS NT NP NS			CREDITOS NT NP NS			CREDITOS NT NP NS			CREDITOS NT NP NS			CREDITOS NT NP NS			CREDITOS NT NP NS			CREDITOS NT NP NS					

NT: Horas Teóricas      TC: Práctica Profesional de Tiempo Completo en el Estable Seleccinando  
 NP: Horas Prácticas Presenciales  
 NS: Horas Semestradas Totales  
 O: Obligatoria

**CREDITOS TOTALES:**      200      202      200

GRAFICA 2. NUEVO PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTRICA- CICLOS DE ENFASIS

Julio 20/01

NUCLEO DE FORMACION ESPECIFICA

IX	
Práctica Profesional(O)	0/10
Operación de Sistemas de Potencia(O)	4/4/0

X	
Economía Energética(O)	4/4/0

**SUBAREA 4.3 ENFASIS EN POTENCIA Y ENERGIA**

Sector Energético Colombiano	
4	4/0

Redes de Distribución	
4	4/0

Centrales y Subestaciones	
4	4/0

Recursos Energéticos	
4	4/0

Investigación en Calidad del Suministro	
4	4/0

Fuentes Energéticas Alternativas	
4	4/0

Protecciones Eléctricas	
4	4/0

Uso racional de Energía	
4	4/0

Diseño Máquinas Eléctricas y Transf	
4	4/0

**ENFASIS EN POTENCIA Y ENERGIA**

IX	
Práctica Profesional(O)	0/10
Operación de Sistemas de Potencia(O)	4/4/0

X	
Economía Energética(O)	4/4/0

**SUBAREA 5.2 ENFASIS EN COMUNICACIONES Y CONTROL**

Investigación en Sistemas Expertos	
4	4/2

Instrumentación e Integración de	
4	4/2

Investigación en Comunicaciones	
4	4/2

Telemática y Cableado Estructurado	
4	4/0

Control con PC	
4	4/2

Diseño Electrónico	
4	4/3

Investigación en Microcontroladores	
4	4/2

Taller de Controladores Programables	
4	4/3

**ENFASIS EN COMUNICACIONES Y CONTROL**

IX	
Práctica Profesional(O)	0/10
Operación de Sistemas de Potencia(O)	4/4/0

X	
Economía Energética(O)	4/4/0

**SUBAREA 6.2 ENFASIS EN GESTION EMPRESARIAL**

Gerencia de Mantenimiento	
4	4/0

Auditoría Energética	
4	4/0

Gestión de Empresas	
4	4/0

Gerencia de Tecnología	
4	3/0

Comercialización de Energía	
4	4/0

Interventoría de Obras	
4	4/0

Gerencia Proyectos de Ingeniería	
4	4/0

Ingeniería Legal	
4	4/0

**ENFASIS EN GESTION EMPRESARIAL**

**SEMESTRE:**

- IX : Práctica Profesional + Obligatoria de Ciclo Profesional+ 2 Electivas de Enfoque.
  - X : Añ 1: Obligatoria de Ciclo Profesional + 1 Electiva de Enfoque + Trabajo de Grado.
  - AR 2: Obligatoria de Ciclo Profesional + 3 Electivas de Enfoque.
  - AR 3: Práctica Profesional Tiempo Completo en el Enfoque Seleccionado por el Estudiante.
- En este caso no aplica la Materia de Enfoque Obligatoria.

O : Obligatoria

# **UN SISTEMA DE ARTICULACION ENTRE LOS GRUPOS Y CENTROS DE INVESTIGACION Y EL SECTOR INDUSTRIAL**

**Gladys Rincón Bergman**  
**Iván Enrique Ramos Calderón**  
Oficina de Vinculación y Transferencia  
Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle

## **RESUMEN**

Del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCyT) se derivó el Sistema Nacional de Innovación (SIN), a través de la Política de Innovación y Desarrollo Tecnológico, con el propósito de crear ventajas competitivas en el sector productivo colombiano. Pero este propósito no lo pueden lograr las empresas o las instituciones solas, debe ser un esfuerzo conjunto donde participen los gremios, las instituciones financieras, las empresas, las universidades, las firmas de consultoría y los organismos del gobierno.

El Objetivo General de la Política de Innovación y Desarrollo Tecnológico es la creación de ventajas competitivas sostenibles, el principal reto que afronta la sociedad colombiana para consolidar los procesos de internacionalización económica y de desarrollo social equilibrado. En la actualidad estos esfuerzos han venido siendo coordinados por el Gobierno nacional a través del Programa nacional de Productividad y Competitividad en un intento de consolidar una infraestructura tecnológica sobre la cual se construyan estas ventajas.

Colciencias, en un pasado reciente, promovió la creación de Centros Nacionales de Desarrollo Tecnológico, Centros Regionales de Productividad, Incubadoras de Empresas, Parques Tecnológicos, Grupos y Centros de Investigación en la Universidades, buscando convertir la investigación científica y la innovación tecnológica en una herramienta competitiva al servicio del sector productivo colombiano.

Todos estos esfuerzos se vienen trabajando aisladamente no existe una red de colaboración que genere sinergia en el largo plazo y un impacto real en la competitividad empresarial. Los diferentes actores del Sistema Nacional de Innovación deben comenzar a trabajar en conjunto buscando crear grupos estratégicos donde se aprovechen las fortalezas de cada uno, no se dupliquen esfuerzos, generando mayor diversidad y mayor riqueza de conocimientos. No se debe pensar en seguir creando parques tecnológicos, incubadoras u otros centros sino en lograr el desarrollo de Tecnoregión/ciudad, a través de redes, un Centro de Innovación Tecnológica virtual.

Este artículo presenta los avances en la creación de una Red de Cooperación Virtual en Investigación y Desarrollo Tecnológico cuyos propósitos son los siguientes:

- Generar proyectos de innovación basados en la demanda.
- Promocionar el establecimiento de contactos de cooperación tecnológica empresarial.
- Desarrollo del recurso humano.
- Transferencia tecnológica entre los diferentes sectores

## INTRODUCCION

La Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle ha venido diseñando una estrategia de articulación con el sector industrial que rompa el círculo vicioso que se presenta actualmente y que ha sido señalado en varios diagnósticos, siendo el más centrado, el que presentan Robledo y Almario: “Los Investigadores eran profesionales que, a pesar de acreditar una alta formación académica y poseer el “Saber Hacer” (Know – How) o conocimiento científico y técnico para el desarrollo de productos y servicios, no tenían el interés, la capacitación y/o el apoyo necesarios para el desarrollo de estrategias adecuadas de comercialización o transferencia de los mismos”.

Esta es la realidad a la cual están enfrentados los investigadores para quienes la tarea central es precisamente la investigación y no el mercadeo así como tampoco, hacer frente a estudios de necesidades de una industria que a veces, ni ella misma, sabe lo que requiere.

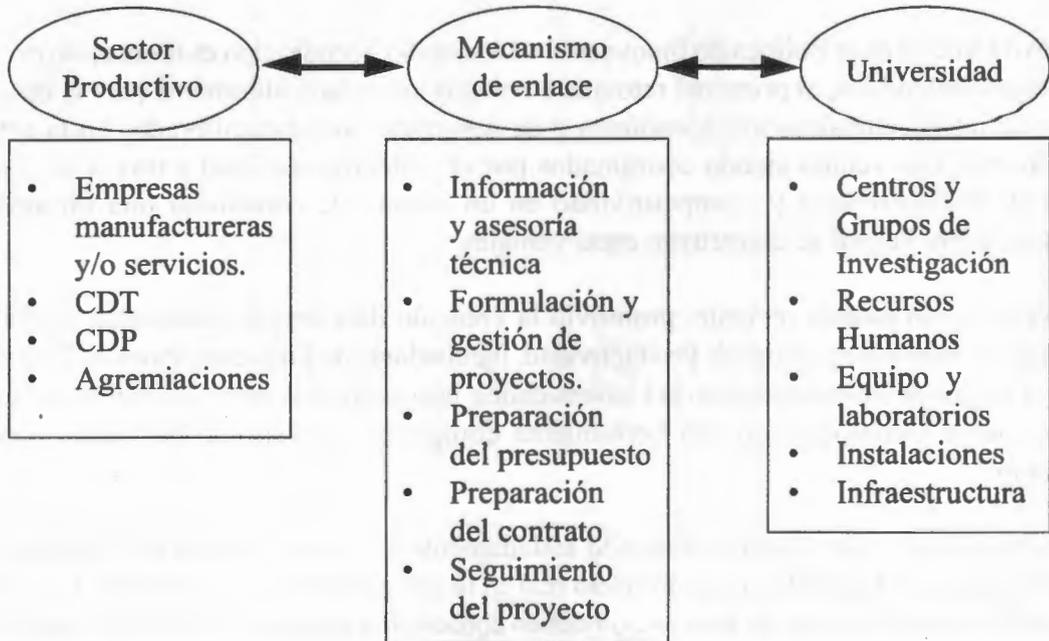


Figura 1.- Estructura administrativa usual de vinculación Universidad - Empresa

En la práctica esto se traduce en una falta de capacidad para administrar la tecnología como un factor de producción y productividad en las empresas y como un producto destinado al mercado por parte de la Universidades e Institutos de Investigación, situación que ha sido señalada en diversos estudios en América Latina (CINDA) como en Colombia (CORPES de Occidente).

No solo se requiere contar con una adecuada estructura administrativa (Figura 1) que sea el mecanismo de articulación con el medio, para solucionar esta falta de capacidad del sector productivo y universitario, se necesita una nueva gerencia organizacional, un sistema de articulación, donde la Gestión Tecnológica sea el instrumento de la vinculación puesto que se trata de identificar oportunidades para aplicar conocimientos técnico científicos para abordar problemas en forma no solo científica, sino que tenga en cuenta otras variables además de las ya mencionadas como el mercadeo.

Es fundamental también que se cuente con los empresarios que estén dispuestos a implementar un nuevo modelo de Gerencia de la Competitividad donde no solamente se administren las áreas productiva y comercial señaladas antes, sino que se administre la información y el conocimiento con herramientas de apoyo a la Gestión Tecnológica como son la Prospectiva Tecnológica y la Vigilancia Tecnológica. Esta propuesta esta esquematizada en la Figura 2.



Fuente: Simón Parisca

Figura 2.- Gerencia de la Productividad

## **LA PROPUESTA**

La Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística, a través del área de Gestión de la Innovación y la Tecnología – GIT (el grupo de Gestión Tecnológica esta escalafonado en Colciencias como Grupo C, Promisorio) trabaja para consolidarse como el grupo de apoyo, de articulación, empresarial en la planeación y formulación de proyectos de desarrollo tecnológico. Este espacio se concretará en la medida que se consolide como un *Centro de Vigilancia y Prospectiva Tecnológica Sectorial*, que de una manera organizada, selectiva y permanente, capte, analice y convierta la información en conocimiento, para apoyar al sector empresarial en la generación de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico e integre los diferentes subsectores económicos de la Región, con estudios prospectivos – estratégicos tecnológicos.

Este nuevo esquema para el sector de las PyMES requiere de un organismo de interface, que sea el sistema de articulación entre los CDT (Centros de Desarrollo Tecnológico) y CDP (Centros de Desarrollo Productivo) y el CDE (Centro de Desarrollo Empresarial) de la Cámara de Comercio, ACOPI (Asociación Colombiana de Pequeños Industriales), ANDI (Asociación Nacional de Industriales), el sector Financiero y Los Grupos y Centros de Investigación de la Universidad.

Este nuevo esquema de trabajo requiere el trabajo coordinado entre los CDE, CDP y CDT y el Centro de Gestión de la Innovación y la Tecnología- GIT y los empresarios con el fin de realizar un seguimiento continuo de las oportunidades y amenazas del entorno con el fin de trabajar temas que sean de interés sectorial, para poder realizar el enlace con los diferentes Grupos y Centros de Investigación de la Universidades y poder desarrollar investigaciones aplicadas que se reviertan en el desarrollo económico y social de la Región y del País.

## **AVANCES Y RESULTADOS**

La Facultad de Ingeniería, como una de las estrategias de su reestructuración, se propuso hacer mayor presencia en el medio productivo, respondiendo a las demandas de la región en términos de propuestas y realidades tecnológicas y para ello estableció una Unidad de Vinculación y Transferencia, como la entidad del orden central encargada de servir de enlace entre el sector industrial y el sector académico de la Facultad, fundamentalmente los Grupos de Investigación.

Para articular la Unidad de Vinculación Transferencia, se creó el Programa Ingeniería Innovación a través del cual se ha logrado establecer una Red virtual de intercambio de información y como punto de entrada de las demandas del sector industrial. La red cuenta en la actualidad con más de 300 afiliados.

Complementariamente se ha trabajado con el apoyo del CDE del Valle del Cauca, en establecer alianzas con las empresas para desarrollar procesos de mejoramiento por medio de proyectos de capacitación y Asistencia Técnica, logrando a la fecha la participación de un número considerable de empresas, pertenecientes a los sectores de artes gráficas, metalmecánico y de alimentos con la capacitación de cerca de 60 empresarios.

Como producto de estas alianzas y con la disciplina de la Gestión Tecnológica como eje de la vinculación, se han presentado nuevas propuestas a Colciencias donde los empresarios son socios aportantes y receptores de los beneficios de la investigación.

Consideramos que a través de este mecanismo, que no es de oferta y demanda de productos y servicios en forma aislada, no solamente se lograrán impactos importantes sino que se establecerán las bases para una nueva cultura empresarial que ya comienza a ser evidente dado su creciente interés en ver la tecnología como el instrumento que les permitirá diferenciarse y de hecho establecer los nichos de producción que les permitirán la supervivencia.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Robledo, J.;Almario, F. La Gestión de Oportunidades de innovación en instituciones de educación superior: Nevos horizontes de aprendizaje colaborativo”.Presentado para publicación en Espacios, Revista Venezolana de Gestión Tecnológica, 1998
- Icfes\_ Tecnos; Universidad Sector Productivo: Un camino hacia la competitividad regional, Bogotá; Tercer Mundo Editores, 1997.
- CINDA, Cooperación Universidad-Empresa: Visiones de Europa y América Latina, Programa Alfa, 1998
- Facultad de Ingeniería, Estructura Académico Administrativa, noviembre de 2000

# Formación de Ingenieros en España

Doctor Manuel Recuero López  
Catedrático de Universidad  
Universidad Politécnica de Madrid

*La formación de Ingenieros en España tiene una vieja tradición en Escuelas cuya antigüedad es superior a los 150 años. Su carácter tradicional ha sido siempre compatible con un esfuerzo permanente por adaptarse a las condiciones del contexto social, industrial e internacional de cada época. La última gran transformación se ha producido en la última década, con la ampliación del número de títulos de Ingeniería impartidos en las Universidades españolas y una importante modificación de todos los Planes de Estudio. Para cubrir de forma más adecuada la demanda de actividades profesionales que la Industria y la Administración precisa de los Ingenieros, en España existe el sistema dual basado en dos grados de Ingeniería: Los Ingenieros Técnicos o Ingenieros de primer ciclo y los Ingenieros de segundo ciclo. Los accesos de uno al otro grado están garantizados mediante un sistema de enseñanza cíclico.*

## 1.- Antecedentes históricos

Como en otros países que iniciaron su industrialización en la segunda mitad del siglo XVIII, España también conoció el surgimiento espontáneo de centros de formación en los que se preparaban a técnicos con capacidad para aplicar sus conocimientos científicos a los procesos industriales. De esta forma, la Ingeniería, que históricamente había estado vinculada a aplicaciones militares tomaba un nuevo rumbo hacia la Ingeniería civil para dar respuesta a las necesidades que generaba el nuevo desarrollo industrial.

Hasta mediados del Siglo XIX el desarrollo de las Enseñanzas Técnicas no formó parte de las Enseñanzas Oficiales y su impartición fue más fruto de las iniciativas privadas que de la Planificación del Estado. Fue el 4 de Septiembre de 1850, bajo el reinado de Isabel II, cuando se publicó el Real Decreto por el cual se incorporaban las Enseñanzas Técnicas al Régimen Oficial de los Estudios, a la vez que establecía la reglamentación según la cual se debían organizar los estudios técnicos.

El modelo según el cual se organizaron los estudios de Ingeniería en España tuvo las siguientes características:

- 1) Las diferentes Escuelas de Ingeniería surgieron para dar respuesta a una necesidad nacional específica de disponer de determinados cuerpos de profesionales.
- 2) Las Escuelas de Ingeniería se organizaron en centros totalmente independientes uno del otro.
- 3) Su vinculación orgánica no fue a las Universidades sino a los diferentes Ministerios.
- 4) El número de alumnos que ingresaban era muy reducido y éstos debían superar unas fuertes pruebas de acceso.
- 5) La formación impartida era muy generalista en la rama técnica propia de cada Ingeniería.
- 6) Se establecieron dos grados formativos para cada una de las Ingenierías. Un primer grado, era cursada en dos años y daba lugar al título de “perito” o “ayudante” y el otro de cinco años era el que daba lugar al título de “ingeniero” Ambos se impartían en el mismo Centro y eran gestionadas por el mismo equipo directivo.

Este esquema de funcionamiento no fue modificado en lo fundamental hasta un siglo más tarde. Fue en 1957 cuando se iniciaron una serie de transformaciones profundas impulsadas por la Ley del 20 de Julio sobre “ordenación de las enseñanzas” y el posterior Decreto del 13 de Septiembre del mismo año. Las Escuelas de Ingeniería dejaron de pertenecer a los diferentes Ministerios para integrarse con su personalidad jurídica e independencia en el Ministerio de Educación y por consiguiente dentro de la Organización Universitaria General del país.

Estas Reformas también se manifestaron en los mecanismos de ingreso a las Escuelas y en la Configuración de los Planes de Estudio. Fueron anulados los duros exámenes de ingreso y se suavizó el marcado carácter generalista de los estudios de Ingeniería, incorporando ciertos niveles de especialización.

Pocos años más tarde, a partir de 1971, surgieron en España los Centros Politécnicos, algunos de las cuales se integraron en el seno de las Universidades clásicas formando lo que se denominó Universidades Mixtas y en otros casos se organizaron autónomamente formando las Universidades Politécnicas. Este fue el caso, por ejemplo de la Universidad Politécnica de Madrid cuya creación data del año 1971.

Durante todo este proceso se vino manteniendo los dos grados de titulación en cada una de las ramas de la Ingeniería y Arquitectura. Por una parte los titulados en las Escuelas Técnicas Superiores, cuya duración de los estudios fue de cinco, seis o siete años, según la época, se les identifica con el nombre de “Ingenieros” o “Arquitectos”. Por otra parte los titulados de las Escuelas Universitarias de Ingeniería Técnica, cuya duración también fue modificada en distintos momentos de dos a tres o cuatro años, fueron identificados como “Ingenieros Técnicos” o “Arquitectos Técnicos”. Ambas titulaciones podían ser impartidas por el mismo o por diferente Centro.

Como en los demás sistemas de enseñanza también ha existido siempre el denominado tercer ciclo conducente al título de Doctor Ingeniero, que se obtiene como una prolongación de los estudios en una Escuela Técnica Superior y que culmina con la realización y defensa de una Tesis Doctoral.

## 2.- La transformación del entorno.

En la década de 1980, los esquemas tradicionales del funcionamiento universitario no resultaban adecuados para atender la fuerte demanda social de acceso a la Universidad ni la presión impuesta por el desarrollo industrial. Aunque los factores que pusieron en marcha una nueva transformación de la Universidad fueron múltiples, los más destacables han sido los señalados en los apartados siguientes.

### 2.1.- La expansión de la enseñanza superior.

Un primer factor determinante en la transformación de la Universidad ha sido el fuerte incremento de estudiantes de enseñanza superior. Los hechos que originaron este espectacular crecimiento de la enseñanza superior fueron fundamentalmente dos:

- 1) La expansión demográfica de la postguerra mundial y más particularmente en España, de la postguerra civil.
- 2) El desarrollo económico que exigía, por una parte, la participación de obra de mano cada vez más cualificada en el mundo laboral, mientras que por otra, facilitaba la adquisición de Educación mediante la elevación del nivel de vida medio de la sociedad.

En esta situación, todas las fuerzas ideológicas, políticas y económicas, se pusieron de acuerdo en promover el desarrollo de la educación superior, aunque por motivaciones no siempre coincidentes: para unos se trataría básicamente de mejorar el rendimiento de las fuerzas productivas, mientras que otros veían la situación propicia para el progreso del nivel cultural de la sociedad, profundizando en la igualdad social y en el desarrollo de la democracia.

Como consecuencia, se produjo en España a partir de final de los años 70 un fuerte incremento de la enseñanza universitaria de la misma forma que una década antes se había producido en otros países europeos. La tabla I muestra la evolución del número de alumnos matriculados en las Universidades españolas. Es de destacar que a diferencia de otros países europeos, el número de alumnos no se ha estabilizado a principios de los años 90 sino que se espera que se produzca a partir del presente curso (2000-01). La Tabla II particulariza el crecimiento del número de alumnos habido en los últimos años en las ramas técnicas de enseñanza.

CURSO ACADÉMICO	NÚMERO DE ALUMNOS	ÍNDICE
1960-61	167.000	100
1970-71	329.000	197
1980-81	652.000	390
1990-91	1140.000	682
1999-00	1.581.000	946

Tabla I: Evolución del número de alumnos en las Universidades Españolas.

CURSO ACADÉMICO	NÚMERO DE ALUMNOS	ÍNDICE
1994-95	309.980	100
1995-96	329.019	106
1996-97	348.477	113
1997-98	358.096	116
1998-99	373.129	121
1999-00	378.346	123

Tabla II: Evolución del número de alumnos en las Enseñanza Técnicas.

## 2.2.- El nuevo valor de la educación.

La enseñanza y particularmente la enseñanza superior se ha revalorizado al ritmo que se ha producido el desarrollo tecnológico. La cualificación de los recursos humanos implicados en el sistema de producción de bienes y servicios, ha constituido uno de los elementos estratégicos en la carrera por el desarrollo económico y social y en este interés por garantizar una buena cualificación ha destacado la formación en las Ingenierías.

La actividad profesional de los ingenieros se sitúa en el corazón de los procesos económicos de las sociedades avanzadas, pues esta profesión ha sido tradicionalmente la encargada de aplicar los conocimientos científicos al desarrollo, operación y mantenimiento de sistemas y a su optimización en términos de calidad y coste.

Consecuentemente, la enseñanza se ha convertido en sí misma en un factor de competitividad de la economía española, de la misma forma que lo es en los demás países industrializados.

## 2.3.- La convergencia con otros países europeos.

En Febrero de 1976, el interés de la Comunidad Europea por la educación se concretó en la adopción de la "Resolución del Consejo y de los Ministros de Educación" sobre un programa de acción en materia de educación. En años posteriores se ha desarrollado el contexto legislativo que posibilita la construcción de una Europa sin fronteras en temas educativos.

Desde el punto de vista universitario, el gran reto planteado es el reconocimiento de curricula y de diplomas al servicio de un espacio europeo de las profesiones y de las formaciones universitarias. La plena movilidad de profesores y estudiantes exige un esfuerzo para hacer converger sistemas universitarios muy dispares y por tanto, una actitud de transformación para adaptar consensuadamente tanto los temas relativos a la organización y métodos de enseñanza como los referentes a los contenidos (conceptos, actitudes y procedimientos).

### 3.- La Ley de Reforma Universitaria

El 25 de agosto de 1983 se publica la Ley de Reforma Universitaria (LRU) y con ella se abrían las puertas para una modernización de nuestra Universidad. Esta Ley promovía la Reforma de aspectos esenciales de la vida Universitaria, tales como el régimen del profesorado, la Organización Departamental o la reforma de las Enseñanzas.

Muchos analistas han apuntado que la Ley de Reforma Universitaria (LRU) ha supuesto en términos generales una mayor orientación hacia el conocido modelo formativo anglosajón, en un esfuerzo por favorecer la convergencia con otros estándares internacionales. Este hecho ha situado el actual modelo español como un modelo híbrido entre el europeo continental con el cual le unen profundas raíces y el modelo anglosajón.

Como consecuencia de ello, la formación de los Ingenieros en España, ha experimentado en la última década algunas transformaciones que se pueden resumir en los siguientes términos

#### 3.1.- Incremento del número de títulos homologados.

La oferta de titulaciones en Ingeniería era notablemente inferior a la de otros países industrializados. Los factores que habían originado esta situación era por una parte la dificultad de los mecanismos institucionales para la creación de nuevos títulos, y por otra la caracterización legal del título como elemento definidor de ámbitos profesionales.

La LRU impulsó la creación de nuevos currícula, diversificando las titulaciones en aquellas áreas que, como es el caso de las Tecnologías de la Información, evolucionan constantemente. Las Tablas III-a y III-b muestran la relación de títulos de Ingenieros/Arquitectura que actualmente son posibles cursar en España. En la primera de ellas (Tabla III-a) se relacionan los títulos de Ingeniería de segundo ciclo o ciclo largo cuyos estudios se organizan en cinco años. En la Tabla III-b se relacionan los títulos de Ingeniería de primer ciclo cuyos estudios se organizan en tres años.

#### 3.2.- Currícula diferentes para una misma titulación.

La LRU ha permitido el desarrollo de una mayor autonomía universitaria. Las Universidades han recuperado su protagonismo convirtiéndose en los centros responsables de la Concepción, Organización e impartición de las Enseñanzas.

Los Planes de Estudio conducentes a una misma titulación pueden ser substancialmente diferentes de una Universidad a otra. Asociadas a cada titulación hay unas *Directrices Generales Propias* que describen entre otros temas unos contenidos mínimos (llamados materias troncales) que deben impartirse obligatoriamente en todos los currícula conducentes a dicha titulación. Estas materias constituyen aproximadamente el 40% de la carga lectiva global de la titulación, por lo que cada Universidad mantiene un margen de autonomía para completar el 60% restante con materias propias de la Universidad (materias Obligatorias, Optativa o de Libre Elección).

DENOMINACIÓN DEL TÍTULO (INGENIERÍA DE CICLO LARGO)	NÚMERO DE UNIVERSIDADES QUE IMPARTEN EL TÍTULO
Arquitecto	11
Ingeniería Aeronáutica	1
Ingeniería Agrónomo	14
Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	8
Ingeniería de Minas	3
Ingeniería de Montes	6
Ingeniería de Telecomunicación	16
Ingeniería en Informática	32
Ingeniería Industrial <sup>1</sup>	24
Ingeniería Naval y Oceánico	1
Ingeniería Química	27
Ingeniería en Materiales	7
Ingeniería en Automática y Electrónica Industrial	9
Ingeniería en Electrónica	13
Ingeniería en Geodesia y Cartografía	6
Ingeniería en Organización Industrial	11

Tabla II-a : Relación de Títulos de Ingeniería de segundo ciclo o ciclo largo y número de Universidades españolas que lo imparten (datos del curso 2000 — 01)

<sup>1</sup> Los estudios conducentes a esta Ingeniería son posibles realizarlos también a través de la Universidad a Distancia (UNED) que tiene más de 40 Centros asociados repartidos por toda la geografía española.

DENOMINACIÓN DEL TÍTULO (INGENIERÍA DE PRIMER CICLO)	Nº DE UNIVERSI DADES QUE IMPARTEN EL TÍTULO
Arquitecto Técnico	17
Ingeniería Técnica Aeronáutico	1
Ingeniería Técnica Agrícola, especialidad en Explotaciones Agropecuarias	17
Ingeniería Técnica Agrícola, especialidad en Hortofruticultura y Jardinería	17
Ingeniería Técnica Agrícola, especialidad en Industrias Agrarias y Alimentarias	20
Ingeniería Técnica Agrícola, especialidad en Mecanización y Construcciones Rurales	6
Ingeniería Técnica Minera, especialidad en explotación de Minas	9
Ingeniería Técnica Minera, especialidad en Instalaciones electromecánicas Mineras	2
Ingeniería Técnica Minera, especialidad en Mineralurgia y Metalurgia	4
Ingeniería Técnica Minera, especialidad en Recursos Energéticos, Combustibles y Explosivos	6
Ingeniería Técnica Minera, especialidad en Sondeos y Prospecciones Mineras	6
Ingeniería Técnica en Obras Públicas, especialidad en Construcciones Civiles	9
Ingeniería Técnica en Obras Públicas, especialidad en Hidrología	5
Ingeniería Técnica en Obras Públicas, especialidad en Transportes y Servicios Urbanos	4
Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad en Sistemas de Telecomunicación.	8
Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad en Sistemas Electrónicos.	11
Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad en Sonido e Imagen.	7
Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad en Telemática.	10
Ingeniería Técnica en Diseño Industrial	8
Ingeniería Técnica en Informática de Gestión <sup>2</sup> .	33
Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas <sup>2</sup> .	30
Ingeniería Técnica en Topografía	9
Ingeniería Técnica Forestal, especialidad en Explotaciones Forestales	8
Ingeniería Técnica Forestal, especialidad en Industrias Forestales	3
Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en Electricidad	22
Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en Electrónica Industrial	24
Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en Mecánica	24
Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en Química Industrial.	18
Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Textil	2
Ingeniería Técnica Naval, especialidad en Estructuras Marinas	3
Ingeniería Técnica Naval, especialidad en Propulsión y Servicios del Buque	3

Tabla II-b: Relación de Títulos de Ingeniería de primer ciclo y número de Universidades españolas que lo imparten (datos del curso 2000 — 01)

<sup>2</sup> Los estudios conducentes a esta Ingeniería son posibles realizarlos también a través de la Universidad a Distancia (UNED) que tiene más de 40 Centros asociados repartidos por toda la geografía española.

Con esto se pretende que cada Universidad pueda desarrollar un tipo de profesional más de acuerdo con su capacidad, sus medios y sobre todo con el entorno industrial en el que está ubicado.

Las Tablas III-a y III-b señalan en la columna de la derecha el número de Universidades que actualmente imparten dicha titulación. Es de señalar que en España la inmensa mayoría de las Universidades son públicas, siendo más del 90% los estudiantes de Ingeniería que están matriculados en Universidades Públicas.

### 3.3.- Mayor Flexibilidad en el curriculum del estudiante.

En la actualidad, la mayoría de los Planes de Estudio de Ingeniería ofrecen una optatividad en torno al 20 ó 25% de la carga lectiva global, duplicando por término medio la ofrecida en los años anteriores.

La libertad del estudiante para configurar su curriculum se concreta básicamente en la elección de dos tipos de asignaturas:

- Las llamadas “Optativas” mediante las cuales el estudiante puede elegir la especialización dentro de la titulación. El número de asignaturas optativas a incluir en un Plan de Estudios no está establecido por lo que constituye uno de los elementos diferenciadores entre Universidades.
- Las llamadas “Asignaturas de Libre Elección” mediante las cuales el estudiante de Ingeniería puede completar su formación en área no específicamente técnicas: (formación humanística, técnicas de expresión oral y escrita, fundamentos y funciones de la Ingeniería, formación lingüística, ...).

### 3.4.- Mayor énfasis en los aspectos específicos de la Ingeniería.

Los Nuevos Planes de Estudio pretenden no sólo reorganizar la docencia sino principalmente innovar metodológicamente. En este sentido conviene señalar cambios cuantitativos y cualitativos. Entre los primeros se pueden señalar como principales novedades:

- Incremento de la formación tecnológica respecto a la formación científico-básica.
- Incremento de número de horas de laboratorio.
- Incorporación de las Prácticas en empresas como parte del curriculum del estudiante. Estas prácticas se desarrollan dentro de los “Programas de Cooperación Educativa” acordados entre las Universidades y Grupos de Empresas.

Como principales cambios cualitativos se pueden señalar :

- Primacía de la formación respecto a la información.
- Primacía del “saber hacer” respecto al “conocer”.
- Integración de la teoría y la práctica.
- Enseñanza activa del estudiante.
- Enfoque multidisciplinar de los problemas.

Para promover un mayor protagonismo del estudiante en el proceso de enseñanza-aprendizaje, el número de horas lectivas por semana se ha reducido respecto a los Planes de Estudio anteriores a la Reforma. Actualmente el número máximo de horas lectivas por semana es de 25 de las cuales no más de 15 pueden ser de teoría.

#### 4.- Currículum del Ingeniero

La diversidad de Ingenierías y la Autonomía de las Universidades hace difícil resumir los diferentes Planes de Estudios que actualmente se imparten a más de 350.000 estudiantes de Ingeniería/Arquitectura en nuestro país. Con los riesgos que supone la generalización de situaciones complejas, se pueden establecer algunas pautas que permitan entender mejor la formación de los ingenieros en España.

##### 4.1.- Organización de los Curricula.

Las *Directrices Generales Comunes* para todas las enseñanzas prevén un mínimo y un máximo de veinte a treinta horas lectivas a la semana, de las cuales no más de quince corresponderán a clases teóricas. Se prevé igualmente unos límites entre 60 a 90 créditos al año, siendo un crédito el equivalente a diez horas lectivas (teóricas o prácticas). La introducción del mecanismo de créditos como unidad de cuenta de las enseñanzas permite una elaboración homogénea de Planes de Estudio y la convalidación de estudios entre enseñanzas y Universidades.

Los Planes de estudios incluyen asignaturas en las siguientes categorías:

- a) **Materias Troncales:** Que constituyen los contenidos homogéneos mínimos correspondientes a un mismo título oficial válido en todo el territorio nacional. Suponen en torno al 40% total de la carga lectiva .
- b) **Materias no Troncales:** que deberán ser definidas por las Universidades al aprobar sus Planes de Estudio y podrán ser:
  - **Materias Obligatorias de Universidad:** libremente establecidas por cada Universidad, que las incluirá en el correspondiente Plan de Estudios como obligatorias para el alumno.
  - **Materias Optativas de Universidad:** libremente establecidas por la Universidad en el Plan de Estudios para que el alumno escoja entre las ofrecidas.
- c) **Materias de Libre Elección** por el estudiante en orden a la flexible configuración de su currículum. Al menos el 10 % del total de la carga lectiva de un Plan de Estudios quedará reservada para que el estudiante pueda cursar aquellas materias que libremente escoja entre las ofrecidas por la Universidad entre un amplio catálogo. Entre ellas se incluirán, preferentemente materias formativas de carácter general (como puede ser introducción a la filosofía, historia,...) y materias instrumentales (especialmente lenguas modernas). Con ello se fomenta la formación interdisciplinar y la flexibilidad de los curricula.

Aunque existe cierta libertad en la organización de estudios se recomienda la organización semestral, la no existencia de asignaturas con menos de tres créditos, la limitación del número de asignaturas por semestre a seis y otro tipo de recomendaciones.

Una posible distribución de los créditos que forman un Plan de Estudios en Ingeniería puede ser tal como el mostrado en la Figura 1

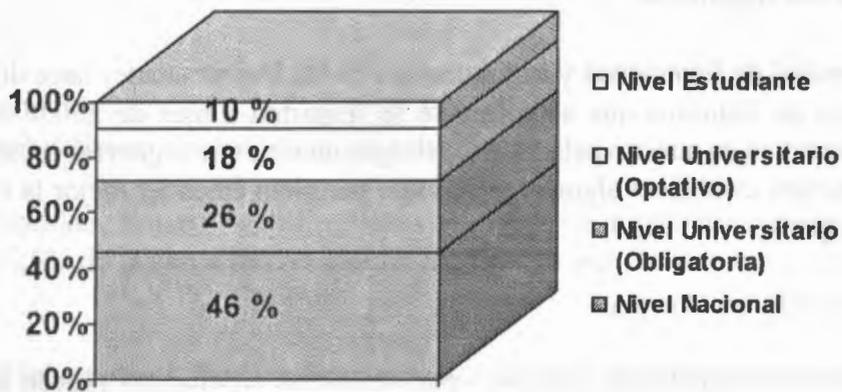


Figura 1: Distribución aproximada de los diferentes tipos de materias que componen un Plan de Estudios.

#### 4.2.- Objetivos de formación de los Ingenieros.

FEANI (Federación Europea de Asociaciones de Ingeniería) agrupa a 22 países europeos, entre ellos España, con sistemas de formación y prácticas profesionales muy diversas. Pese a ello ha sido posible consensuar los siguientes objetivos de formación del ingeniero:

*Un ingeniero es una persona que ha adquirido y sabe utilizar conocimientos científicos, técnicos y cualesquiera otros necesarios que le capacitan para crear, operar y mantener sistemas eficaces, estructuras, instalaciones o procesos y para contribuir al progreso de la ingeniería mediante la investigación y el desarrollo.*

*Y entre otras le supone las siguientes cualidades:*

- Plena conciencia de lo que constituye la profesión e ingeniero y de su responsabilidad hacia sus colegas, sus jefes, sus clientes, la sociedad y el medio ambiente.*
- Conocimiento profundo, basado en la física y las matemáticas de los fundamentos de la ingeniería de su especialidad.*
- Conocimiento general de la práctica correcta de su rama de ingeniería, así como de las propiedades, comportamientos, fabricación y utilización de los materiales y de sus componentes.*
- Conocimiento de la instrumentación, de las nuevas tecnologías y capacidad de manejar información técnica y estadística.*
- Capacidad para desarrollar y utilizar modelos teóricos que simulen el comportamiento del mundo físico.*

- f) *Capacidad para enjuiciar problemas técnicos mediante el análisis científico y la reflexión lógica.*
- g) *Capacidad para trabajar en proyectos multidisciplinarios.*
- h) *Conocimiento de las relaciones industriales y de los fundamentos de dirección empresarial en sus aspectos técnicos, financieros y humanos.*
- i) *Facilidad para comunicarse oralmente y por escrito, y es especial para redactar informes convincentes.*
- j) *Capacidad de encontrar, para diseños y proyectos, soluciones que combinen favorablemente la calidad con la sencillez de la producción y el mantenimiento, a un coste conveniente.*
- k) *Apreciación positiva de los cambios tecnológicos y de la necesidad de no apoyarse solamente en prácticas establecidas sino de mantener continuamente una actitud innovadora y creativa en el ejercicio de la profesión de la ingeniería.*
- l) *Capacidad para evaluar y sopesar factores contradictorios y heterogéneos (por ejemplo coste, calidad y tiempo) a corto plazo y para llegar a la solución ingenieril más favorable.*
- m) *Consideración y respeto por los factores medioambientales.*
- n) *Capacidad para movilizar recursos humanos.*
- o) *En lo posible, dominio de otras lenguas europeas, además de la materna.*

#### 4.3.- Criterios de diseño curricular.

Para atender los diferentes objetivos la formación del ingeniero los Planes de Estudios se estructuran según diferentes criterios: áreas curriculares, tipos de formación,...

##### 4.3.1.- Áreas Curriculares:

Tradicionalmente se establecen para Ingeniería las siguientes áreas curriculares:

- a) **Ciencias Básicas:** principalmente matemáticas y física, encargadas de proporcionar al estudiante la base y comprensión general de los fundamentos de la ingeniería y contribuir tanto a su formación como a al desarrollo de su capacidad de análisis científica.
- b) **Ciencias de la Ingeniería:** propias de cada titulación. Tienen sus raíces en las ciencias básicas pero se distinguen de ellas por el hecho de estar orientadas hacia la aplicación creativa. Estas materias constituyen la fundamentación teórica de la ingeniería y deben proporcionar un conocimiento profundo que pueda ser de utilidad durante un largo tiempo a pesar de la rápida evolución de la tecnología.
- c) **Diseño en Ingeniería** en donde se incluyen materias orientadas a desarrollar aplicaciones prácticas y metodologías orientadas al diseño y práctica profesional. Un especial énfasis hay que hacer en el Proyecto Fin de Carrera que los alumnos deben realizar antes de obtener el título.
- d) Finalmente deben ser consideradas disciplinas que proporcionan conocimiento en Economía y Gestión Industrial, así como otras materias complementarias que aporten al alumno competencias, valores y actitudes, tales como Ciencias Sociales, Humanidades

y otras disciplinas que ayuden al ingeniero a entender la cultura, la sociedad y otros aspectos de su contexto social.

Una posible distribución de estas áreas curriculares se muestra en la figura 2. Dichas distribución debe ser interpretada como orientativa dado que la autonomía de cada Universidad permite diferentes orientaciones.

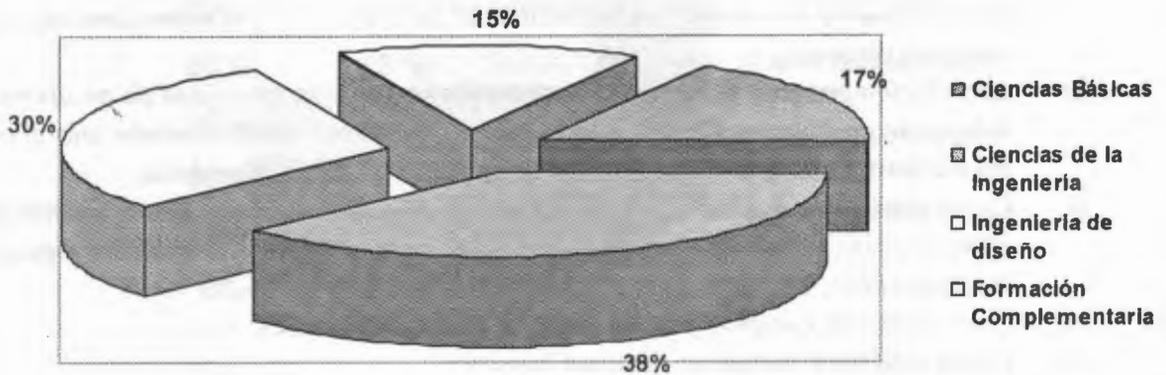


Figura 2: Distribución por área formativa en los currículos de los Ingenieros (distribución orientativa)

#### 4.3.2- Tipos de Formación.

Los Planes de Estudios permiten obtener créditos a través de tres tipos de enseñanzas/actividades: Formación teórica, formación Práctica y Prácticas en Empresas ( o trabajos académicamente dirigidos).

La formación práctica, entendiendo esta como práctica de laboratorio, constituye en la gran mayoría de los Planes de Ingeniería más del 25% de la carga lectiva global, lo cual exige fuertes inversiones en infraestructura. Este hecho obliga a los Centros y Departamentos a buscar fuentes de financiación complementarias a través de Proyectos y acuerdos con la Industria.

Obviamente la formación práctica de Laboratorio no está distribuida homogéneamente a lo largo del Plan de Estudios sino que está concentrada fundamentalmente en los últimos años de la carrera.

Otro aspecto importante son las Prácticas en empresas. El Real Decreto 1845/1994 establece que las estancias en empresa se desarrollen a través de programas de cooperación educativa y que el estudiante que desee participar en él debe haber superado el 50 por 100 de los créditos necesarios para obtener el título universitario.

Los programas educativos son firmados entre una empresa y la Universidad y con carácter general se pueden establecer los siguientes objetivos:

- a) Conocer las relaciones laborales y los principios de organización de empresas nacionales y/o internacionales.
- b) Comprender la importancia del trabajo en equipo, así como de la comunicación y de las relaciones interpersonales en el ámbito empresarial.
- c) Estimular su curiosidad intelectual y provocar una actitud más positiva hacia el aprendizaje en base a la comprobación experimental de la utilidad práctica de los conocimientos.
- d) Favorecer el desarrollo y madurez personal en base a la asunción de responsabilidades y a la convivencia en una organización estructurada de forma diferenciada a la Universidad.

Estos objetivos generales deberían ser determinantes a la hora de evaluar la acreditación de la “estancia en la empresa” con independencia del tipo, actividad o titularidad jurídica de la organización laboral en la que hiciera las prácticas. Complementariamente se podrían establecer otros objetivos más específicos de acuerdo con el lugar y puesto de trabajo. Estos otros objetivos serían del tipo:

- a) Utilizar equipamiento más avanzado que el disponible en la Universidad.
- b) Aprender una técnica concreta.
- c) Trabajar en un proyecto.
- d) ....

El tiempo de trabajo del estudiante en una empresa es acreditado en la relación de 30 horas de trabajo equivalente a 1 crédito siempre que el tutor académico certifique el buen aprovechamiento y la consecución de los objetivos propuestos.

## **5.- Los dos grados de Formación de Ingenieros : Ingeniería de Concepción e Ingeniería de Producción.**

En España, como en otros países existen dos grados de formación en las diferentes Ingenierías: Ingeniero de primer ciclo o Ingeniero Técnico e Ingeniero de segundo ciclo o Ingeniero (superior). Las diferencias y similitudes entre ambos grados no siempre han sido definidos con claridad ni tampoco existen situaciones claras de referencia en otros países en los que se pueda decir que es una situación idéntica a la española. Sin embargo sí mantiene claras semejanzas con los modelos de otros países europeos y concretamente con el centro europeo, representado fundamentalmente por Alemania.

Tal vez la principal diferencia en ambas titulaciones es la orientación hacia diferentes actividades profesionales.

Para ilustrar esta idea se pueden clasificar esquemáticamente las actividades profesionales de los Ingenieros en base a la siguiente escala:

1. *Investigación Básica*
2. *Investigación y Desarrollo*
3. *Proyectos: Ingeniería de Proyectos, Diseño, Estudios, ..*



4. *Gestión y Administración: Dirección de Proyectos, Gestión de operaciones, Sistemas de información,...*
5. *Producción: Control de procesos, Control de calidad, ...*
6. *Marketing y Comercialización: Dirección comercial, Comunicación, Servicio post-venta, ...*

Esta clasificación se ha ordenado en función de los tipos de conocimientos y destrezas que el Ingeniero debe aplicar en su ejercicio profesional. Los primeros niveles se identifican con una formación eminentemente teórica, con énfasis en los principios científicos y tecnológicos y por su capacidad para analizar los sistemas y procesos matemática y físicamente. Por el contrario los últimos niveles se asocian con una formación hacia las posibilidades de la tecnología, el conocimiento de los desarrollos y aplicaciones prácticas, y los productos comerciales.

Resumiendo más aún las actividades anteriores se podrían definir dos perfiles de Ingeniería :

La *Ingeniería de Concepción* se identificaría con la Ingeniería de ciclo largo (o segundo ciclo) y estaría mas orientada a cubrir aquellas funciones relacionadas con actividades de Investigación, Desarrollo de Proyectos, Elaboración de Estudios, ...

Por su parte, la *Ingeniería de Producción* se identificaría con la actual Ingeniería Técnica (o de primer ciclo) y tendría una orientación profesional hacia actividades relacionadas con la Producción, Control de calidad, Desarrollo de aplicaciones, Mantenimiento ...

Las investigaciones realizadas sobre las funciones desempeñadas en el ejercicio profesional por los actuales Ingenieros e Ingenieros Técnicos en España avalan este planteamiento. A modo de ejemplo se pueden citar los resultados obtenidos de sendas investigaciones llevadas a cabo sobre el colectivo de Ingenieros en el área de las Telecomunicaciones cuyo número de titulados se sitúa en torno a los 20.000. Los resultados son muy coincidentes con los llevados a cabo por las principales grandes empresas en Alemania (En este país existen también los dos tipos de ingeniería que se estudian en las Universidades y Fachhochschulen) y el resumen se muestra en la Figura 3.

La diferente orientación profesional en los dos grados de la Ingeniería están lógicamente asociados a dos perfiles curriculares diferentes. De todas formas, conviene señalar que aunque aquí se haga referencia a los aspectos diferenciales, hay que recordar que ambos grados de Ingeniería comparten muchos objetivos y por tanto sus enseñanzas también comparten enfoques comunes.

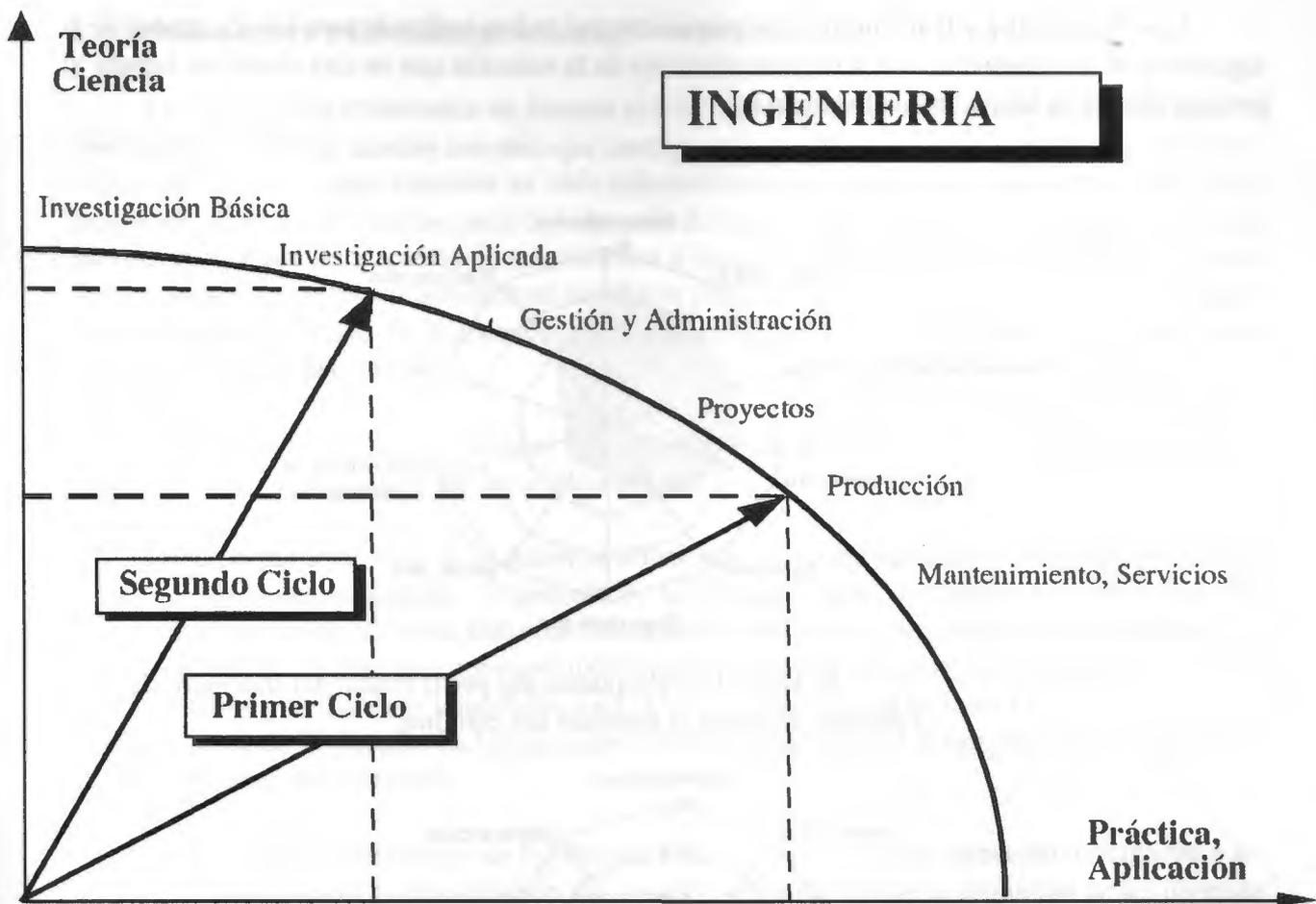


Figura 3: Diferente orientación profesional de los dos grados de Ingeniería en España y otros países europeos.

El medio utilizado para expresar gráficamente el perfil de ambos grados de Ingeniería se ha tomado una vez más de los estudios y propuestas que se han realizado respecto a la Ingeniería de Telecomunicación. Para los dos grados de esta titulación se han elaborado propuestas del perfil académico utilizando el diagrama SV. Dicho diagrama es un hiperespacio en el que se refleja el nivel de actuación sobre el *Procesamiento de los Contenidos* y por tanto es un indicador del tipo de Ingenieros que se están formando.

Las dimensiones del diagrama propuesto son:

- 1.- Especialismo/Generalismo
- 2.- Tecnicismo/Humanismo
- 3.- Know-how/Know-why
- 4.- Abstracción/Realismo
- 5.- Producción de Tecnología/Producción de Aplicaciones

El diagrama está dividido en cuatro niveles que representan cualitativamente porcentajes del 25, 50, 75 y 100% con respecto a cualquiera de los polos de una de estas dimensiones, de forma que la elección en el segmento dimensional suma 100 por convenio.

Los Gráficos II-a y II-b muestran las propuestas que se han realizado para los dos grados de la Ingeniería de Telecomunicación y resulta indicativo de la solución que se está dando en España al sistema dual en la formación de Ingenieros.



Gráfico II-a : Propuesta del perfil medio del Ingeniero de Telecomunicación al terminar sus estudios



Gráfico II-b : Propuesta del perfil medio del Ingeniero Técnico de Telecomunicación al terminar sus estudios

La interrelación entre los estudios de primer y segundo ciclo está garantizada por la existencia de pasarelas entre ambas, de forma que el estudiante tiene facilidades para realizar sus estudios de forma cíclica. El paso entre algunos títulos de primer ciclo a otros de segundo ciclo es automático, sin penalización alguna, y está sólo limitado por el número de plazas disponibles en cada Universidad. En otros casos el acceso a segundos ciclos se debe realizar superando unos complementos de formación que dependen en cada caso concreto del curriculum del estudiante. Con esta solución se permite optimizar el esfuerzo del estudiante y rehacer la pirámide educativa de forma que el número de Ingenieros Técnicos sea superior al de Ingenieros de segundo ciclo.

## 6.- La Universidad Politécnica de Madrid.

La Universidad Politécnica de Madrid (UPM) fue creada en 1971 como tal Universidad, si bien la mayoría de sus centros son más que centenarios pues fueron fundados en los siglos XVIII y XIX y cada uno de ellos mantuvo su vida independiente hasta ser agrupados en la UPM. No es exagerado afirmar que una gran parte de la historia de la tecnología española de más de siglo y medio ha sido escrita por las Escuelas de Arquitectura e Ingenierías de esta Universidad, ya que fueron durante muchísimos años prácticamente las únicas y en algunos casos exclusivamente las únicas, y todas las grandes figuras de la docencia e investigación pasaron por los respectivos Centros como alumnos o profesores.

En la actualidad es la Universidad que más proyectos de investigación desarrolla en el área de Ingeniería tanto a nivel nacional como internacional.

Desde el punto de vista de la docencia impartida, se pueden agrupar en tres grandes ofertas:

- a) Titulaciones impartidas: El proceso de reforma de Planes de Estudio iniciado a raíz de la publicación de la Ley de Reforma Universitaria todavía ha sido completado en algunas de las titulaciones y por tanto conviven todavía algunos planes antiguos con planes renovados. Los centros y titulaciones impartidos por la UPM se muestran en la Tabla IV.
- b) Cursos de Postgrado: La Universidad Politécnica de Madrid desarrolla los siguientes tipos de cursos de Postgrado:
  - \* Cursos y seminarios de Formación Continua, de cualquier duración, orientados a la ampliación o actualización de conocimientos siguiendo la evolución de las diversas tecnologías, sus fundamentos y sus aplicaciones.
  - \* Cursos de Especialización, de una duración no inferior a diez créditos, dirigidos a profundizar en temas concretos.
  - \* Cursos de Master o Magister, de una duración no inferior a cincuenta créditos, dirigidos a proporcionar un alto nivel de formación y especialización profesional.

La superación de estos cursos da lugar al correspondiente Título o Certificado acreditativo.

El crecimiento de los estudios de Postgrado desde el año 1988 hasta la fecha ha sido considerable, no sólo en la Universidad Politécnica de Madrid, sino en una gran mayoría de las Universidades avanzadas. En esta Universidad se ha pasado de 11 cursos de Master, 1 Curso de Especialización y 147 de Formación Continua en 1988, a 62 cursos de Master, 154 Cursos de Especialización y 162 de Formación Continua en el año 2000.

CENTROS	TITULACIONES
E.T.S ARQUITECTURA	Arquitecto
E.T.S.I. AERONAUTICOS	Ingeniero Aeronáutico
E.T.S.I. AGRONOMOS	Ingeniero Agrónomo
E.T.S.I. CAMINOS CANALES y PUERTOS	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (*)
E.T.S.I. INDUSTRIALES	Ingeniero Industrial (*)
E.T.S.I. MINAS	Ingeniero Geólogo Ingeniero de Minas
E.T.S.I. MONTES	Ingeniero de Montes (*)
E.T.S.I. NAVALES	Ingeniero Naval (*)
E.T.S.I. TELECOMUNICACIÓN	Ingeniero de Telecomunicación
FACULTAD DE INFORMÁTICA	Ingeniero en Informática
E.U. ARQUITECTURA TÉCNICA	Arquitecto Técnico
E.U.I.T. AERONÁUTICA	Ingeniero Técnico Aeronáutico (*)
E.U.I.T. AGRÍCOLA	Ingeniero Técnico Agrícola
E.U.I.T. FORESTAL	Ingeniero Técnico Forestal
E.U.I.T. INDUSTRIAL	Ingeniero Técnico Industrial
E.U.I.T. OBRAS PÚBLICAS	Ingeniero Técnico de Obras Públicas
E.U.I.T. TOPOGRÁFICA	Ingeniero Técnico en Topografía
E.U.I.T. TELECOMUNICACIÓN	Ingeniero Técnico de Telecomunicación
E.U. DE INFORMÁTICA	Ingeniero Técnico en Informática (*)
ESCUELA POLITÉCNICA DE ENSEÑANZA SUPERIOR	Licenciado en Ciencias Ambientales Ingeniero en Geodesia y Cartografía Ingeniero de Materiales
I.N.E.F.	Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

(\*) Denominación del título "NO RENOVADO" la mayoría tienen especialidades que figurarán en el reverso de los títulos que se expidan.

TABLA IV: Centros y Titulaciones de la Universidad Politécnica de Madrid

El acceso a los Estudios de Postgrado de la Universidad Politécnica de Madrid está regulado por la Normativa de Estudios de Postgrado, que rige todo lo concerniente a estos estudios. En principio, será condición necesaria para su inscripción estar en posesión de un título universitario (de Licenciado, Ingeniero, Arquitecto, Diplomado, Ingeniero Técnico o Arquitecto Técnico), quedando a cargo de la dirección del curso la selección de los candidatos de acuerdo con sus conocimientos o su experiencia. El acceso de quienes se hallen en posesión de un título extranjero se realiza sin necesidad de homologación de dicho título (artículo 16.1 del Real Decreto 86/1987 de 16 de enero B.O.E. 23/1/87), bastando la autorización del Rector que la concederá previa comprobación del referido Título y de la documentación académica adicional complementaria presentada, debidamente legalizada, por parte de la Comisión de Postgrado.

- c) Doctorado: Los estudios de tercer ciclo en la Universidad Politécnica de Madrid ha sido tradicionalmente uno de los pilares en donde futuros investigadores se han formado científica y metodológicamente. De los diferentes programas de doctorado que imparte la UPM merecen especial interés los desarrollados en Universidades Latinoamericanas

## 7.- Bibliografía.

- Consejo de Universidades. Secretaría General. Guía de la Universidad. Año 1996
- Consejo de Universidades. Secretaría General. La Reforma Universitaria Española: Evaluación e Informe. Febrero 1988.
- Ministerio de Educación y Cultura. páginas WEB. <http://www.mec.es> (2000)
- Gerardo L. Araujo. "Telecommunications Engineering in Spain : A case of curriculum design". Proceedings Frontiers in Education. 22<sup>nd</sup> Annual Conference.
- J. Arriaga. " The three year Engineering Curriculum : A difficult balance". Proceedings Frontiers in Education. 23<sup>rd</sup> Annual Conference.
- J. Arriaga y otros. "EE Education in Spain" IEEE potentials. Feb/march 1999.
- S. Vacas. "Reflexiones sobre el modelo educativo universitario de Informática". Aula Fundesco. 1993.
- La U.P.M. en Iberoamérica. CDROM editado por la Universidad Politécnica de Madrid. 2000
- Proceedings of III Congreso Nacional de Ingeniería. "Técnica y Sociedad en el umbral del siglo XXI". Madrid. Junio de 1991.
- Fédération Européene d'Associations Nationales d'Ingénieurs. "European Engineering Yearbook-1994"

## EL GASTO POR ESTUDIANTE UNIVERSITARIO

Pompeu Fabra	907.634	4.947
Politécnica de Cataluña	655.689	3.574
Miguel Hernández	631.109	3.440
Autónoma de Barcelona	590.573	3.219
Politécnica de Madrid	546.009	2.976
La Laguna	544.360	2.964
Alcalá	544.166	2.963
Complutense	541.462	2.948
Barcelona	541.011	2.946
Lleida	530.184	2.887
Córdoba	524.774	2.858
Pública de Navarra	524.328	2.856
Autónoma de Madrid	508.483	2.769
Cantabria	503.337	2.741
Las Palmas de Gran Canaria	501.447	2.730
Rovira Virgil	489.249	2.664
País Vasco	488.483	2.660
Cádiz	483.635	2.633
Salamanca	477.963	2.603
Girona	457.831	2.493
Carlos III	456.056	2.483
Valencia	452.500	2.464
La Rioja	447.082	2.434
Valladolid	437.232	2.381
Politécnica de Valencia	434.289	2.364
Zaragoza	433.346	2.360
Santiago de Compostela	416.750	2.269
León	412.231	2.245
Granada	408.802	2.226
Oviedo	403.450	2.197
Jaume I de Castellón	396.806	2.161
Islas Baleares	392.710	2.138
Málaga	368.820	2.008
La Coruña	365.400	1.990
Sevilla	362.829	1.976
Burgos	356.871	1.943
Huelva	341.714	1.881
Alicante	341.105	1.857
Almería	338.007	1.841
Murcia	337.820	1.839
Extremadura	336.625	1.833
Jaén	321.212	1.749
Vigo	317.859	1.731
Castilla La Mancha	299.402	1.630
Pablo de Olavide	219.898	1.197
Rey Juan Carlos	208.080	1.133

**Media del Total: 450.524 Pesetas - 2.453 \$**



**ACOFI**

**Asociación Colombiana de  
Facultades de Ingeniería -ACOFI-**

Cra. 50 No. 27-70 Edificios Camilo Torres  
Bloque C Mod. 7 - 404

Teléfonos: 57 1 - 2219898 - 2215438

Fax: 57 1 - 2218826 Bogotá D.C.

E-mail: 104721.21@multi.net.co

Web Side: www.acofi.edu.co