

# Actualización y modernización del currículo en INGENIERIA ELECTRICA ELECTRONICA



CF

ASCFI

ASOCIACION  
INGENIERIA



# Actualización y modernización del currículo en **INGENIERIA ELECTRICA - ELECTRONICA**

**Documento final**



**ACOFI**

ASOCIACION COLOMBIANA  
DE FACULTADES DE INGENIERIA



**ICFES**  
LA EDUCACION SUPERIOR

INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL FOMENTO  
DE LA EDUCACION SUPERIOR



SANTAFE DE BOGOTA, D.C.  
SEPTIEMBRE 1996

PACOF 39 / 1997 / Mayo

INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL FOMENTO  
DE LA EDUCACION SUPERIOR, ICFES  
Subdirección General Técnica y de Fomento  
Calle 17 No. 3-40 A.A. 6319  
Teléfonos 2819311 - 2435129 - 2834027  
Fax 2845309 Santafé de Bogotá, D.C.

ASOCIACION COLOMBIANA DE  
FACULTADES DE INGENIERIA -ACOFI-  
Cra. 50 No. 27-70 Edificios Camilo Torres  
Bloque C Of. 7- 301 - 303 - 401/404  
A.A. 59285 Tels. 2215438  
Fax 2218826 Santafé de Bogotá D.C.

**Director General del ICFES** Dr. JAIME NIÑO DIEZ  
**Subdirector General Técnico y de Fomento** Dr. JOSE N. REVELO REVELO  
**Presidente ACOFI** Ing. EDUARDO SILVA SANCHEZ  
**Vicepresidentes ACOFI** Ing. SILVIO DELVASTO ARJONA  
**Director Ejecutivo ACOFI** Ing. JAIME SALAZAR CONTRERAS

**COORDINADORES PROYECTO:**

Ing. LUIS ALFREDO POSADA DELGADO  
Subdirección General Técnica y de Fomento del ICFES  
Ing. JAIME SALAZAR CONTRERAS  
Director Ejecutivo de ACOFI - Profesor Titular de la U. N.

Este libro fue editado siendo Director General del ICFES el Dr. Luis Carlos Muñoz Uribe y Subdirectora General Técnica y de Fomento la Dra. Graciela Amaya de Ochoa.

Elaboración de texto con base en las reuniones y documentos regionales, nacionales e internacional de ingeniería eléctrica - electrónica.

SANTAFE DE BOGOTA, D.C. SEPTIEMBRE 1996

Serie: Actualización y modernización del currículo en ingenierías

ISBN: 958-680-000-8 Obra completa

ISBN: 958-680-007-5 Ingeniería eléctrica - electrónica.

El proyecto: ACTUALIZACION Y MODERNIZACION DEL CURRICULO EN INGENIERIAS MECANICA, QUIMICA, ELECTRICA - ELECTRONICA, CIVIL E INDUSTRIAL ha sido realizado por el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior -ICFES- y la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI-.

**Corrección de estilo:** Mercedes Bohórquez Montoya  
Periodista  
**Ilustración portada:** Maritza Arias Trillos

Diseño, armada electrónica e impresión:  
OPCIONES GRAFICAS EDITORES LTDA.  
Calle 14 No. 52-31 piso 3 - Telefax: 2601643  
Celular: 93-3369670 Apartado Aéreo 34348  
Santafé de Bogotá - Colombia

# Contenido

Presentación

Introducción

I. Antecedentes .....	11
1. Actividades dentro del proyecto .....	12
2. Reuniones regionales .....	13
3. Reunión nacional .....	22
4. Seminario internacional .....	23
II. Características de la ingeniería eléctrica-electrónica en Colombia .....	24
1. Educación técnica y tecnológica .....	24
2. Educación profesional .....	25
3. Educación en postgrado .....	27
III. Tendencias en la formación de ingenieros eléctricos y electrónicos .....	28
1. Tendencias de la educación universitaria .....	29
2. Tendencias dentro de la ingeniería eléctrica y electrónica .....	29
IV. Plan básico de estudios en el programa de ingeniería eléctrica - electrónica .....	31
1. Definición .....	31
2. Perfil profesional .....	32
3. Títulos y duración .....	34
4. Plan de estudios .....	34
5. Estrategias metodológicas .....	38
6. Recursos, soporte administrativo e investigativo .....	39
V. Estrategias para Actualizar y Modernizar el Currículo .....	41
1. Papel de la educación superior en Colombia .....	41
2. Elementos de una estrategia de mejoramiento de la educación universitaria en ingeniería .....	42
VI. Relaciones y estrategias de la universidad con el sector productivo, el sector público y la comunidad .....	48
1. Proyectos de investigación .....	49
2. Asesorías .....	49
3. Cursos .....	49
4. Congresos .....	50
5. Ensayos .....	50
6. Pasantías .....	50
7. Incubadoras de empresas y centros .....	50
8. Programas de educación continuada .....	51
9. Programas de acción comunitaria .....	51

10. Comités para la educación y el desarrollo .....	51
11. Canales de comunicación .....	52
<b>VII. Recomendaciones .....</b>	<b>53</b>
1. Facultades de ingeniería .....	53
2. Entidades rectoras de la educación superior .....	54
3. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI- .....	55
4. Sector productivo .....	56
5. Estado .....	57
<b>VIII. Bibliografía .....</b>	<b>59</b>

**Lista de entidades que participaron a las reuniones regionales, nacional e internacional**

1. Actividad dentro del programa .....	51
2. Formas regionales .....	52
3. Formas nacionales .....	53
4. Seminario internacional .....	54
5. Actividades de la Ingeniería eléctrica electrónica y automática .....	55
6. Educación técnica y tecnológica .....	56
7. Investigación científica .....	57
8. Educación superior .....	58
9. Transferencia de tecnología .....	59
10. Actividades en la formación de ingenieros eléctricos y electrónicos .....	60
11. Programas de la educación universitaria .....	61
12. Transferencia de tecnología de la industria eléctrica y electrónica .....	62
13. Plan de acción de trabajo en el programa de ingeniería eléctrica - electrónica .....	63
14. Definición .....	64
15. Formas regionales .....	65
16. Tipos y divisiones .....	66
17. Plan de estudios .....	67
18. Investigaciones científicas .....	68
19. Programas administrativos e investigativos .....	69
20. Estrategias para Actuar en el Medio Ambiente y Modernizar el Currículo .....	70
21. Estado de la educación superior en Colombia .....	71
22. Descripción de una estrategia de implementación en la educación superior en ingeniería .....	72
23. Estrategias para el desarrollo de la ingeniería eléctrica y electrónica .....	73
24. El sector público y la electricidad .....	74
25. Formas de investigación .....	75
26. Asociativa .....	76
27. Educativa .....	77
28. Científica .....	78
29. Industrial .....	79
30. Interdisciplinaria de empresas y centros .....	80
31. Programas de investigación .....	81
32. Programas de acción .....	82

INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

## **Presentación**

*Los nuevos modelos económicos basados en la apertura y el libre mercado, hacen necesaria la generación de grandes desarrollos tecnológicos, en donde el sector productivo y la educación superior tienen en el conocimiento su principal activo, con el cual los países pueden enriquecer sus sistemas económicos y sociales. Dentro de éste contexto, la ingeniería es uno de los principales motores de desarrollo del país, permite dar mayor valor agregado a los productos y servicios, debido a su estrecha relación con la ciencia y con los avances tecnológicos. Los permanentes cambios con la globalización de la economía y la apertura de los mercados hacen necesario que se deba mirar críticamente la manera como se están formando los ingenieros de hoy y los que se formarán en el siglo XXI.*

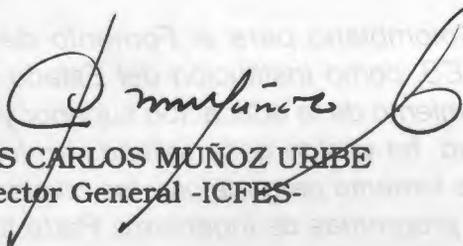
*El Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES, como Institución del Estado comprometida con el mejoramiento de la educación superior y consciente de esta necesidad, ha venido desarrollando en los últimos años actividades de fomento para mejorar los niveles de calidad en los diferentes programas de ingeniería. Parte fundamental de la calidad a que hacemos mención, corresponde a la revisión, actualización y modernización de los planes de estudio, que les permita ser competitivos, flexibles, dinámicos y con niveles altos de pertinencia, en concordancia con las necesidades socioeconómicas, culturales, científicas y productivas del país.*

*En respuesta a lo anterior, el ICFES y la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI-, desarrollaron el Proyecto "Actualización y Modernización de los Currículos en Ingeniería".*

*cuyo objetivo fundamental fue desarrollar una propuesta para modernizar desde el punto de vista humanístico, social, pedagógico, curricular, investigativo y ambiental, la formación de los futuros ingenieros de tal forma que respondan a los nuevos retos de la ciencia, la tecnología, del sector productivo y la internacionalización del conocimiento y de la economía.*

*Este proyecto se inició con los programas estratégicos que más aportan al desarrollo productivo del país. Con esa visión se trabajaron las ingenierías Civil, Mecánica, Eléctrica y Electrónica, Industrial y Química.*

*Producto de los encuentros, seminarios-talleres nacionales e internacionales, en los que participaron rectores, docentes, estudiantes, representantes del sector productivo y gremios profesionales, es esta publicación sobre ACTUALIZACION Y MODERNIZACION DEL CURRICULO EN INGENIERIA ELECTRICA - ELECTRONICA*



**LUIS CARLOS MUÑOZ URIBE**  
Director General -ICFES-

## Introducción

La preocupación por la calidad y el mejoramiento continuo de los programas de Educación Superior, y entre ellos los dedicados a la formación de ingenieros, es el propósito que acompaña y alienta los esfuerzos de dos instituciones como el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior ICFES, y la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI, para iniciar el proyecto de "Actualización y Modernización del Currículo en Ingenierías", tomando como inicio de las reflexiones los documentos promovidos y difundidos por el ICFES sobre la temática de los requisitos mínimos para la creación y funcionamiento de los programas.

Como parte de este proceso el ICFES y ACOFI, promovieron una serie de eventos en el campo de las ingenierías, encaminados a crear escenarios de análisis y reflexión que permitieran actualizar y modernizar los planes de estudio de los programas. En cada reunión se intercambiaron experiencias entre los responsables académicos de los programas, los representantes del Estado y los voceros del sector productivo. Los objetivos centrales del proceso se orientaron hacia:

- La actualización y modernización de los planes de estudio de los diferentes programas de ingeniería, a partir de las acciones y encuentros desarrollados en años anteriores por el ICFES y las instituciones de educación superior.
- La formulación de una propuesta encaminada a reorganizar y modernizar los planes de estudio de los programas de ingeniería con un desarrollo integral desde el punto de vista humanístico, social, pedagógico, ambiental, e investigativo, para que su formación responda a los nuevos retos de la ciencia, la tecnología y la globalización del conocimiento y la economía.
- La definición de compromisos que permitan el cambio y la actualización permanente de los diferentes sectores de la ingeniería colombiana.

Para concretar en acciones los propósitos declarados, inicialmente se seleccionó el grupo de carreras de las ingenierías: civil, eléctrica y electrónica, industrial y química, identificadas como dinamizadores dentro de la estructura económica del país.

Se programaron eventos regionales, nacionales e internacionales para cada una de las carreras seleccionadas. Las instituciones de educación superior agrupadas por regiones, discutieron y dieron a conocer su problemática específica, presentaron sus planteamientos y expectativas dentro del proceso de actualización y modernización curricular.

Se juzgó preciso discutir la pertinencia de los actuales planes de estudio, su adecuación a las necesidades locales y regionales para la sociedad actual y futura, y su forma de evolución en el contexto de un esquema curricular que permita una formación integral, con claros contenidos en ciencia básica, con componentes humanistas y técnicos que reunidos proyecten un profesional competente dentro de la perspectiva de un desarrollo económico y social sostenible.

En 1995, para adelantar la primera etapa, se realizaron seminario-talleres, en donde participaron instituciones de educación superior privadas y públicas, el Estado, el sector productivo y los expertos en el tema.

Para ello el país fué dividido en cuatro zonas y para el caso de Ingeniería Civil, se desarrolló de la siguiente forma:

- La zona Occidental, a la cual concurren representantes de los Departamentos del Valle del Cauca, Cauca y el Chocó, quienes tuvieron su encuentro en la Universidad del Cauca.
- La zona Norte-Oriente, a cuya convocatoria respondieron programas de la Costa Atlántica y Norte de Santander, reunidos en la sede de la Universidad de Cartagena
- La zona Cafetera con presencia de voceros del Departamento del Quindío y tuvo como escenario para sus deliberaciones, la Universidad del Quindío.
- La zona Central, se organizó en la sede de la Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito", donde concurren programas de Ingeniería que se ofrecen en la capital de la República y en el interior del país.

Como resultado de los debates, discusiones y mesas de trabajo en cada uno de los encuentros regionales, se produjeron memorias que, aparte de representar importantes aportes documentales sobre el desarrollo de los eventos que permitieron conocer y difundir las conclusiones sobre los siguientes aspectos relacionados con la actualización y modernización curricular en las diferentes ingenierías:

- Condiciones de la estructura curricular en las distintas regiones
- Tendencias curriculares y tecnológicas en el desarrollo de cada especialidad
- Relaciones actuales y estrategias de acercamiento con el sector productivo, el sector público y la sociedad en general
- Estrategias para actualizar y modernizar el currículo
- Recomendaciones para concretar las propuestas y materializar las conclusiones de los eventos.

Las propuestas de los seminarios regionales constituyeron la base de discusión para el Seminario Nacional en Agosto de 1995 con sede en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional en Medellín. Los principales objetivos del Seminario Nacional se orientaron en las siguientes direcciones:

- Delimitar y jerarquizar los campos de acción de cada ingeniería, considerando sus responsabilidades con la solución de los grandes problemas de infraestructura como condición facilitadora del desarrollo del país, y las nuevas exigencias

- impuestas por los procesos de internacionalización y competitividad.
- **Desarrollar una propuesta nacional** encaminada a la actualización y modernización de los planes de estudio en las ingenierías, respetando la visión y autonomía de cada universidad, pero sin perder la óptica integradora que contemple los aspectos sociales, científicos, tecnológicos y económicos propios del ejercicio de la profesión.
- **Definir una estrategia pedagógica** que soporte y favorezca a través de un currículo flexible, moderno y abierto, la formación del ingeniero con especiales dotes de sensibilidad social, con un alto sentido de compromiso con el desarrollo del país mediante una sólida formación científica y técnica, y con una clara conciencia frente al manejo sostenible de los recursos.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional, sede Santafé de Bogotá, en Octubre de 1995 organizó el Seminario Internacional en la ciudad de Santafé de Bogotá. Las conclusiones de este encuentro, tuvieron ocasión de ser evaluadas y complementadas con experiencias y enfoques de especialistas de otros países.

Allí se conocieron exposiciones sobre tendencias y prospectiva curricular, tecnológica y profesional; estrategias de aproximación de las universidades a los distintos sectores de la sociedad y modelos pedagógicos adecuados a las nuevas exigencias sobre lo que debe ser la formación de los ingenieros.

Terminó así la etapa de debate e intercambio de información básica para el proceso de actualización y modernización curricular en ingenierías. A partir de lo anterior se inició entonces, la etapa de consolidación de las propuestas y recomendaciones y con ello permitir la formulación de proyectos reales, específicos y alcanzables que permitan plasmar en acciones toda la inversión de recursos, esfuerzos y expectativas que la sociedad colombiana espera del desarrollo de la profesión de ingeniería.

La descripción, análisis y comentarios sobre los factores y elementos vinculados al proceso de modernización curricular en ingenierías, alcanzó en todos los seminarios, altos niveles de acuerdo. Estos trabajos reunidos, constituyen el Ser de este proyecto emprendido por el ICFES y ACOFI.

Estos documentos presentan en general, el siguiente contenido:

Principales características de cada ingeniería, según su especialidad, tendencias en la formación profesional, plan básico de estudios, estrategias para actualizar y modernizar el currículo, relaciones y estrategias de la universidad, el sector productivo, el sector público y la comunidad; recomendaciones hechas a los programas de las Instituciones de Educación Superior, a ACOFI, al sector productivo, al Estado y por último el capítulo de Conclusiones.

En el capítulo "Principales características de la ingeniería" según su especialidad, se realiza un análisis sobre la situación actual de los programas que se ofrecen e indica las principales características y particularidades propias de cada currículo, teniendo en cuenta lo discutido en los encuentros regionales y nacionales, en el capítulo de "Tendencias en la formación en Ingeniería", se presentan las conclusiones de las propuestas y discusiones realizadas en los

**diferentes eventos sobre las tendencias, metodologías de enseñanza y otros aspectos resultado del trabajo de la mesas de discusión en las que participaron los conferencistas nacionales, extranjeros y delegados del sector productivo y participantes de las instituciones de educación superior. En el "Plan básico de estudios", se presenta la definición de cada ingeniería, título que otorga, duración, perfil profesional, plan mínimo de estudios con sus áreas básicas y sus objetivos, recursos específicos, estrategia metodológica y soporte administrativo e investigativo. Estos puntos son la base fundamental para la adecuación de los planes de estudio, la unificación de criterios para los diferentes programas en ingeniería, la orientación, pero sobre todo, la definición de políticas para mejorar los niveles de la educación superior.**

**Las "Estrategias para actualizar y modernizar el currículo", son producto del trabajo desarrollado por los participantes, y se dirigen principalmente a aquellos programas que aún no han iniciado su proceso de actualización.**

**Las relaciones y estrategias de vinculación de programas de ingeniería, se definieron por el aporte que ellas generan a la producción y a la necesidad de apoyo entre el sector productivo, el sector público, la comunidad y el Estado. Por ello, se busca que el énfasis en los programas de ingeniería esté basado en la búsqueda y desarrollo del trabajo investigativo en la universidad, en la creación y estructuración de centros de investigación, de formación y calificación de profesionales; de trabajo y apoyo a la comunidad y de generación de ofertas innovadoras para dar respuestas a los problemas existentes en cada especialidad.**

**Sin embargo, este proyecto de Actualización y Modernización del Currículo en Ingenierías, tan sólo pretende ser el inicio de un proceso que debe orientar sus mejores esfuerzos hacia el diseño y desarrollo, por parte de cada institución, de su propio proyecto educativo.**

**Tendrá así, el gremio de los ingenieros, un instrumento para afianzar su naturaleza profesional con la capacidad necesaria y suficiente para consolidar acciones de mejoramiento, no solo en la calidad de la educación superior en Colombia, sino que incidirá en el desarrollo tecnológico del país.**

**Este proyecto no sería una realidad sin la excelente respuesta de quienes fueron convocados a formar parte de este proceso de modernización curricular. Extendemos un agradecimiento especial a los Rectores, Directores de Programas de Ingeniería, Profesores, miembros del sector empresarial y gremial, por el apoyo y esfuerzo que brindaron durante 1995 a éste quehacer, el cual sin duda, redundará en la mejor calidad de los programas de ingeniería en Colombia.**

## I.

### **ANTECEDENTES**

Definir hoy cómo va a ser la educación del ingeniero del Siglo XXI es un reto bastante grande. Sin embargo, es indispensable. Los cambios tecnológicos cada vez más rápidos obligan a formar definitivamente un tipo de profesional muy diferente al que se formó durante toda esta segunda parte final del siglo XX. En esta época en que cantidades gigantescas de información están a nuestra disposición al toque de un teclado, se hace más importante tener un criterio y un marco de referencia firme, para poder moverse con soltura sin dejarse llevar por la potente corriente informativa.

Para poder actualizar y modernizar el Currículo en Ingeniería Eléctrica y Electrónica y en general, para mejorar la calidad de la Educación en estas ramas de la Ingeniería, es necesario tener en cuenta la economía del país. No se necesita el mismo número de ingenieros si la actividad en la rama de la electrónica se va a reducir, a manejar representaciones de firmas extranjeras de equipo electrónico o si se desarrolla una industria vigorosa en esta rama. Se necesita realizar una prospección del país y su posible derrotero, al tiempo que se prevee el ambiente de trabajo de los ingenieros del S.XXI.

Sin embargo, en cualquier caso, podemos estar seguros de que se debe formar un ingeniero con una formación básica fuerte y múltiples posibilidades de especialización bien sea en el área puramente técnica o en el área administrativa, económica y gerencial.

Para que el desempeño profesional del ingeniero esté de acuerdo con el nivel de formación que se le va a proporcionar es necesario cambiar de manera radical la situación de aguda escasez de técnicos y tecnólogos que hay en el país y que hacen que se forme una pirámide invertida que deforma al ingeniero, e incluso que se programen de forma incorrecta en el plan de estudios cuestiones que no le corresponden.

En los siguientes numerales se analizan tanto las características de la ingeniería eléctrica y electrónica como la tendencia en la formación de estos dos tipos de ingenieros, para luego trazar las estrategias para actualizar y modernizar el currículo y las estrategias para un acercamiento realista y fructífero de la universidad a la industria.

Este documento recoge los resultados del Proyecto sobre Actualización y Modernización del Currículo en Ingeniería Eléctrica y Electrónica que han impulsado conjuntamente ACOFI y el ICFES, tanto para la ingeniería eléctrica y electrónica como para otras cuatro ramas de la ingeniería. Este esfuerzo forma parte de las metas que se ha trazado el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior - ICFES, dentro de sus Programas para el Mejoramiento de la Calidad de la Educación Superior, los cuales incluyen además los siguientes proyectos:

- Programa especial en cultura de la acreditación.
- Programa para la formación y actualización de docentes.
- Programa para incentivar el uso de nuevas tecnologías en la educación superior.
- Programas para vincular universidad y sector empresarial.
- Programas de apoyo al bienestar universitario.

Estos programas se complementan con los esfuerzos que a nivel interno han hecho muchas universidades, con la labor de innumerables organizaciones empeñadas en el avance tecnológico y económico en Colombia (Consejo Nacional de Competitividad, TECNOS, Nueva Colombia Industrial, etc.) y con diversos estudios realizados a nivel local y nacional (Estudios Monitor, Estudios de las Cámaras de Comercio, etc.).

Las Facultades de Ingeniería han venido trabajando desde la década del 70 permanentemente para mejorar y actualizar sus programas. En el caso particular de la ingeniería eléctrica y electrónica se realizó un primer trabajo por parte de ASCUN en los años setenta (Gutierrez et al., 1995).

Posteriormente, en la década del 80 el ICFES conformó los denominados Grupos de Trabajo Académico, GTA, los cuales desarrollaron una "labor orientada a establecer la tendencia común en los programas de ingeniería eléctrica y electrónica. También en esta década se realizó el Primer Encuentro Nacional de Facultades de Ingeniería Eléctrica en Medellín y el Simposio Permanente sobre la universidad, donde se intentó luego del análisis de los programas, proponer una estrategia para la revisión y actualización de los planes de estudio" (Gutierrez et al., 1995).

En 1993 se realizaron una serie de actividades de los directores de Carrera de Ingeniería eléctrica y electrónica, a nivel nacional, con el objeto de definir los requisitos mínimos para la creación y funcionamiento de programas de ingeniería eléctrica y electrónica.

## **1. Actividades dentro del proyecto**

Para cumplir con su objetivo dentro del Proyecto sobre Actualización y Modernización del Currículo en Ingeniería Eléctrica y Electrónica ACOFI y el ICFES organizaron varios eventos en el año de 1995.

- a. Reunión de presentación del proyecto. Realizada en Abril de 1995 en la Hemeroteca del ICFES en la que participaron rectores y vicerrectores de varias universidades y decanos de las facultades de ingeniería del país para fijar cronograma y compromisos para las reuniones regionales, nacional e internacional.
- b. Reuniones regionales para actualización y modernización del currículo en ingeniería eléctrica y electrónica. Se llevaron a cabo, durante el primer semestre de 1995 cuatro reuniones en las siguientes regiones del país: Noroccidental (cafetera), Central, Nororiental y Suroccidental.
- c. Reunión nacional para la actualización y modernización del currículo en ingeniería eléctrica y electrónica. Realizada en Pereira durante los días 27 y 28 de Julio de 1995 con 40 asistentes, invitados y delegados. Allí se reunieron y discutieron los resultados de las reuniones regionales y se sentaron las bases para la realización del Seminario Internacional, que debía servir para comparar los resultados y conclusiones del proceso nacional con procesos de otros países.
- d. Seminario internacional para la actualización y modernización del currículo en ingeniería eléctrica y electrónica. Cali, Noviembre 8, 9 y 10 de 1995.

## **2. Reuniones regionales**

En este numeral se presenta un resumen de las principales conclusiones a las que se llegó en cada región, el cual es básicamente una transcripción del resumen presentado en el documento "Seminario nacional para la actualización y modernización del currículo en ingeniería eléctrica y electrónica - Documento nacional", Pereira, Julio de 1995.

### **2.1 Región Noroccidental (Cafetera)**

El objetivo propuesto para esta reunión, que se realizó de acuerdo con lo acordado con ICFES y ACOFI, fue analizar y discutir con los sectores públicos y externos la estructura curricular de los programas de ingeniería eléctrica y electrónica como un todo.

Como marco de referencia se tomaron los nuevos retos que imponen a la ingeniería la apertura y la modernización. Como ejercicio se trabajó con el "modelo sistémico para autoevaluación y acreditación" de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Una serie de conclusiones fueron presentadas a modo de lluvia de ideas y se resumen en los siguientes puntos:

- En el currículo se debe buscar más flexibilidad, más creatividad y más afinidad profesor- estudiante. Bajo la responsabilidad del estudiante se pueden obviar prerrequisitos.
- La estructura del plan de estudios debe ser tal que exista un núcleo básico de materias y un grupo de asignaturas donde el estudiante tenga la oportunidad de escoger, sin llegar a la especialización, ni a una profesionalización avanzada.
- La formación básica debe tener mucho cuidado en no crear un abismo entre física y matemáticas e ingeniería.
- Se debe crear una relación de pertenencia del estudiante.
- Se debe impulsar la relación directa universidad- industria.
- El ingeniero debe tener una buena formación en informática. Se deben cultivar las habilidades en comunicación, expresión oral y escrita y gestión y buscar al menos el manejo del inglés escrito.
- Se debe evaluar la tesis. Debe ser una oportunidad para hacer ingeniería, para realizar desarrollo y prospección tecnológica.
- Se debe mejorar la selección en los admitidos, debido a la alta mortalidad académica en los primeros semestres.
- Se debe hacer un replanteamiento sobre los métodos de evaluación, impulsando cambios en la evaluación escrita.

## **2.2 Región Central**

La Reunión Regional se realizó durante los días 18 y 19 de Mayo de 1995 en instalaciones de la Universidad Javeriana y a ella asistieron además las siguientes Universidades: Nacional de Bogotá, Antonio Nariño, Autónoma, Escuela de Ingeniería, Central, Andes y Santo Tomás; se contó con la presencia de varios representantes del sector empresarial tanto público como privado, con una experta en metodología para la adecuación curricular y se realizó además una presentación del Proyecto SAAPI de Acreditación en Ingeniería.

Entre las conclusiones de la reunión vale la pena destacar como punto principal la certeza de que la modernización del currículo no es un proceso relacionado solamente con la actualización del plan de estudios. Además vale la pena destacar varios puntos sobre metodologías, sobre política educativa y sobre la relación universidad- sector empresarial

- Metodologías  
La modernización del currículo debe centrarse en las metodologías.

En la situación actual de los programas debe ponerse el énfasis en los métodos y los contenidos de las asignaturas. Buscar la flexibilización curricular. Tener aporte de las ciencias humanas.

#### - Política educativa

- Una componente básica de la calidad del currículo es la calidad de los docentes. El docente debe poseer un alto grado de motivación, dominio del área de su especialización y dominio de herramientas pedagógicas. La remuneración y el status de los profesores universitarios en Colombia, no son los más adecuados, pues la industria se lleva los mejores profesores teniendo que recurrir a la universidad a profesionales jóvenes sin experiencia. La situación es especialmente crítica para la ingeniería electrónica.
- Promover la comunicación entre los profesores de física y matemáticas y las carreras de ingeniería eléctrica y electrónica. Es clara la desmotivación con la que el estudiante sale, después de pasar por la etapa de las materias básicas.
- Se debe favorecer el continuo mejoramiento y capacitación de los docentes.
- Debe haber mayor integración entre las áreas administrativas y académicas de las universidades.
- Se debe fortalecer el trabajo interdisciplinario en las universidades.
- La preparación de los bachilleres es deficiente en varias áreas.

#### - Relación universidad - sector empresarial

El ingeniero que forme la universidad, aunque debe poder responder a las necesidades del mercado, debe tener más que todo una formación básica robusta que le permita aprender a aprender y enfrentarse a retos nuevos.

Para que la universidad logre la integración con el medio externo y pueda proporcionar ingenieros con un perfil productivo para el país, se requiere el desarrollo de proyectos e investigaciones conjuntas con el sector privado y público.

### 2.3 Región Nororiental

Los principales puntos considerados en la reunión realizada en la región fueron: el marco de la educación superior, el perfil del ingeniero, los aspectos fundamentales del currículo, los componentes de formación del currículo, los objetivos del currículo, y la integración dentro del currículo.

- **Marco de la educación superior**

Se considera inconveniente, para la autonomía y apertura que la Ley 30 indica para la Educación Superior, el establecimiento de limitantes que pretendan fijar un plan de estudios mínimo básico con el señalamiento de porcentajes en los diferentes campos de formación, ya que éstos últimos no agregan nada a la calidad de los programas, pues se trata de una simple parcelación de un 100% que puede diferir de un programa a otro.

Diferente e importante es el establecimiento de factores o parámetros de calidad que aseguren el cumplimiento de un mínimo de formación en áreas predefinidas para cada programa de ingeniería, áreas que deben someterse a una continua revisión y que serían las que podrían servir de base para el proceso de acreditación.

Además es importante dar un margen de libertad a las instituciones, para que les posibilite adquirir su propia identidad en beneficio de un saludable diversidad.

- **Perfil del ingeniero**

Se estuvo de acuerdo en la necesidad de definición de un perfil profesional, ocupacional y de personalidad, los cuales resultan muy similares para todas las instituciones, en especial en lo relacionado con el perfil profesional. En consecuencia, más que una definición, lo importante está en que los diseños o rediseños curriculares y las acciones educativas que los operacionalicen, realmente respondan a las intencionalidades señaladas en los mismos.

- **Aspectos fundamentales del currículo**

Se considera fundamental para la modernización de los currículos de ingeniería, la identificación de aspectos o criterios que, de modo general, inciden en el mejoramiento del proceso formativo de los ingenieros, como son el proyecto educativo de la institución y los componentes formativos del currículo.

- *Proyecto educativo.* Es necesario que cada institución diseñe y desarrolle su propio proyecto educativo que señale metas y principios, como producto de un proceso reflexivo y participativo de toda la comunidad universitaria. El proyecto debe ser compromiso y responsabilidad de todos los miembros de la institución, por lo que es muy importante establecer acciones que permitan el conocimiento del mismo por parte de quienes ingresan a la universidad, ya sean empleados, docentes o discentes; de lo contrario se constituye en poco tiempo en propósitos que sólo unos pocos conocen.

- *Componentes formativos del currículo.* Hubo coincidencia sobre la especial atención que merece el aspecto formativo, más que informativo del profesional en su condición de ser bio-psico-social y espiritual, condición que exige del currículo la definición de los componentes de formación humanista, investigativa y de gestión.

## **Componentes de formación del currículo**

Los componentes formativos fueron identificados de forma compartida entre los representantes de la academia y los representantes de la industria. Adicionalmente a la simple identificación de dichos aspectos, se proponen algunas estrategias que permitan favorecer su real implementación.

### **a. Componentes de formación humanista.**

Su implementación se puede realizar a través de las siguientes estrategias:

- Línea de formación humanista. Esta línea, que por lo general forma parte del plan de estudios, debe tener como objetivo, más que transmitir conocimientos, generar en el estudiante una actitud, una forma de ser y de pensar. Se deben explorar acciones educativas para éstos cursos, diferentes a la cátedra, de tal forma que los haga dinámicos, motivantes, que favorezcan el diálogo reflexivo y que en general los haga más gratificantes.
- Formación de los docentes. Establecer un programa de las mismas características que los de la línea de formación humanista, para los docentes de todas las áreas - matemáticos, físicos, ingenieros - que les permita participar, desde su propia cátedra, en el proceso de formación del estudiante. No es posible la formación humanista del futuro profesional si los docentes, empleados y directivos no actúan humanamente.
- Espacios complementarios. Complementar el plan de estudios creando espacios que, si bien forman parte del currículo, no formen parte del plan de estudios, donde se promueva el arte, la historia y en general todas las manifestaciones culturales. Estimular la creación de grupos de apoyo a la cultura y grupos de expresión artística.
- Ética. Dentro de la componente de formación humanista merece atención especial el deber indeclinable de las instituciones de infundir en el estudiante un comportamiento ético no sólo como profesionales sino también como ciudadanos. Se recomienda que además de las cátedras específicas, la formación ética esté presente en la cotidianidad de la vida universitaria.

### **b. Componente de formación investigativa.**

Se trata ante todo de inducir en el estudiante una actitud investigativa mediante el estímulo de su creatividad y del amor por el saber, no como factor utilitario sino como proceso de realización humana.

Para ello se recomiendan las siguientes estrategias:

- Favorecer en todas las asignaturas la participación del estudiante en la construcción del conocimiento, buscando diversidad en las acciones educativas con mayor presencia de talleres y seminarios.
- Buscar que los docentes, más que intentar que el estudiante aprenda, intenten que éste descubra, que le den más importancia

a los procesos que a los resultados, a la conceptualización más que a lo instrumental.

- Establecer talleres de creatividad o de procesos de pensamiento y ojalá diseñar laboratorios de creatividad.
- Estimular y orientar la creación de centros de estudio.
- Incluir dentro del plan de estudios Talleres de Investigación, iniciando con Epistemología y Teoría del Conocimiento.
- Desarrollo de prácticas por proyecto. Proyectos que deben ser institucionales.
- Explorar la posibilidad de crear más centros de investigación y promoción tecnológica, al igual de lo que se ha hecho en el área petroquímica con el Instituto Colombiano del Petróleo ICP.

c. **Componente de formación en gestión.**

Las condiciones del desarrollo socioeconómico y la reestructuración de las organizaciones - que las han llevado cambios radicales dentro de una nueva visión, con una cultura administrativa diferente, con ámbitos ampliados y en un mundo de competencia global - hacen necesaria la incorporación, dentro de los currículos de ingeniería, de una línea de formación en los principios, procesos y estructuras administrativas modernas, para lo cual se recomienda:

- Desarrollar seminarios o talleres en el área administrativa o de gestión, tales como: Seminario de Mentalidad Empresarial, Psicología para el Liderazgo, Principios de Mercadotecnia, etc.
- Establecer un programa continuo de conferencias a cargo de expertos empresariales que permitan el contacto de los estudiantes con el punto de vista de los empresarios.

- **Objetivos del currículo**

Se deben hacer esfuerzos, dentro de los diseños curriculares, tendientes a superar el énfasis meramente ocupacional o profesionalizante que normalmente los caracteriza.

- **Integración dentro del currículo**

Se debe favorecer una mayor integrabilidad de conocimientos que reduzcan el alto número de asignaturas por semestre y a la vez presenten al estudiante una visión más articulada de su profesión.

## **2.4 Región Suroccidental**

Las conclusiones de la reunión realizada en la región se dividieron en dos grandes grupos: componentes de la modernización de los currículos y estructura curricular.

- **Conclusiones sobre conceptualización de componentes en la modernización del currículo.**

- a. Se debe buscar una formación en pregrado con mucha profundidad en lo básico, que garantice un fácil desempeño posterior, en

**cualquiera** de los extensos campos que la ingeniería eléctrica y electrónica tienen en la actualidad y tendrán en el futuro. La parte de especialización debe ser función de los postgrados.

- b. El currículo debe contemplar el fomento al trabajo participativo del estudiante en todos procesos enseñanza -aprendizaje, propiciando el diálogo abierto y crítico.
- c. El currículo debe fomentar actitudes investigativas desde el primer semestre- enfatizando el trabajo metodológico.
- d. Los currículos se deben evaluar periódicamente y medir su efectividad. En especial, las metodologías para el mejoramiento continuado del proceso enseñanza aprendizaje - incluyendo evaluaciones- que deben ser periódicamente examinadas y permitir su continua optimización con la participación de todos los docentes buscando la interiorización de los problemas y sus soluciones, para no caer en respuestas inmediatistas.
- e. Los diseños curriculares deben integrar en sus desarrollos, las herramientas que las nuevas tecnologías brindan.
- f. Debe buscarse una sólida formación humanista, incluyendo estrategias en las que el ejemplo de los docentes sea parte fundamental.
- g. La formación universitaria debe tener un verdadero compromiso social, dentro de un contexto que enfoque los problemas de nuestra realidad nacional (ejemplo: apertura, internacionalización de la economía).
- h. El currículo debe buscar un equilibrio de los componentes teoría-práctica- diseño, sin caer en las sobrecargas académicas.
- i. Se debe promover la competitividad de los profesionales mediante la exigencia del dominio de un segundo idioma.
- j. Dentro de un contexto de ciudadano colombiano que da respuesta a problemas universales, debe propiciarse una sólida formación integral que promueva: motivación, identificación de valores, capacidad de comunicación oral y escrita, reflexiones éticas, trabajo en equipo y fomento a la creatividad.
- k. Deben diseñarse currículos flexibles. La flexibilidad debe entenderse en dos sentidos:
  - Flexibilidad para facilitar el proceso educativo: carga académica, tamaño de cursos, metodologías, etc.
  - Flexibilidad para facilitar el avance en el plan de estudios: en prerrequisitos, cursos electivos, etc.

1. Los trabajos y metodologías para el desarrollo y/o actualización de currículos deben difundirse entre instituciones con el fin de conformar un banco de documentos que delinear un modelo colombiano para este tipo de labores.

- Conclusiones sobre estructura curricular.

a. Perfil del ingeniero electrónico y electricista.

Profesional íntegro con habilidades de aprendizaje continuado en el hacer, ser y aprender; creativo, con facilidades de comunicación y entrenado para trabajar en grupo; con habilidad empresarial, administrativa y gerencial y comprometido socialmente.

b. Campos de formación.

- Formación básica fundamental.
- Formación básica profesional.
- Énfasis no especializante.

c. Areas de conocimiento. Ingeniería electrónica.

- Física.
- Matemática.
- Química aplicada.
- Ciencias de la computación.
- Humanística.
- Teoría de circuitos
- Electrónica.
- Teoría del control.
- Telecomunicaciones.
- Inglés.
- Complementarias (administración, comercialización, gestión, legislación, normas técnicas, medio ambiente, pedagogía, cultura física deportiva).
- Énfasis según lo escogido por cada institución.

d. Areas de conocimiento. Ingeniería eléctrica.

- Física.
- Matemática.
- Química.
- Ciencias de la computación y diseño gráfico.
- Humanística.
- Teoría de circuitos
- Electrónica.
- Automatización y control.
- Potencia eléctrica.
- Alta tensión.
- Conversión de energía.
- Accionamientos eléctricos.
- Electrónica industrial y de potencia.
- Inglés.

**Complementarias** (metodología, español, calidad total, administración, comercialización, gestión, legislación, normas técnicas, medio ambiente, pedagogía, cultura física deportiva).

- Énfasis según lo escogido por cada institución.

#### e. Flexibilidad

- Las asignaturas serán de cuatro tipos: obligatorias, electivas, de énfasis y de interés.
- El estudiante podrá definir y escoger su carga académica (mayor responsabilidad en manos de los estudiantes).
- El estudiante debe poder escoger la duración de su propia carrera dentro de unos límites inferior y superior.
- Los cursos electivos deben ser realmente electivos.
- Las asignaturas deben tener nombres genéricos que faciliten cambios en forma flexible.
- Para la enseñanza de las ciencias básicas sería conveniente la creación y capacitación dentro de las facultades de ingeniería de grupos especiales de docentes para ingenierías, lo que permitirá un enfoque científico con contextos, donde se solucionen problemas de ingeniería.

#### f. Estrategias

- El diálogo, la ética y las relaciones humanas deben partir del ejemplo de los docentes.
- Se deben involucrar en los análisis de currículos a directivos, docentes, estudiantes, egresados y sector productivo.
- Para dar espacio a la flexibilidad curricular, debe haber una racionalización de las cargas académicas de docentes y estudiantes.
- Se debe buscar la profesionalización del ejercicio docente para ingenierías en cuanto a remuneración salarial.
- Se deben diseñar los cursos evaluando el trabajo participativo de los estudiantes y evitar que se continúe la tendencia de que el profesor es el único dueño de la verdad.
- Institucionalizar la realización de proyectos de investigación y desarrollo junto con el sector productivo, gubernamental y con otras universidades, involucrando las altas gerencias de estas instituciones.
- Se debe solicitar al gobierno la inclusión de las universidades en sus proyectos de infraestructura y en los comités técnicos regionales y nacionales.
- Se deben trabajar proyectos interinstitucionales orientados a aumentar la credibilidad, autoestima y el status social de la profesión de ingeniero en nuestro medio.
- Se deben abrir espacios en las instituciones que permitan involucrar a docentes en las acciones dirigidas al "compromiso social".
- La transferencia tecnológica que el sector productivo realiza, debe compartirse con las universidades.

### **3. Reunión nacional**

Realizada en Pereira durante los días 27 y 28 de Julio de 1995 con participación de mas o menos 40 asistentes, entre invitados y delegados. Allí se reunieron y discutieron los resultados de las reuniones regionales y se sentaron las bases para la realización del seminario internacional, cuyo objetivo era comparar los resultados y conclusiones del proceso nacional con los procesos de otros países.

Las siguientes fueron las principales conclusiones:

- En el proceso de aprendizaje de la Ingeniería debe hacerse énfasis en los conceptos, antes que en la mecánica de aprender.
- En el desarrollo del programa se debe evitar la repetición de conocimientos.
- Se deben utilizar en el proceso de enseñanza- aprendizaje no sólo las asignaturas del plan de estudios sino muchas otros métodos de adquirir conocimientos.
- En el proceso de aprendizaje se deben impulsar las vivencias pedagógicas.
- La adquisición de conocimientos se debe plantear como un proceso personalizado.
- Si se tiene una muy buena fundamentación en ciencias básicas, se consigue más flexibilidad en el currículo.
- Puesto que la sociedad está cambiando continuamente, debe plantearse esta evolución en el tiempo a través de una flexibilidad en el currículo.

## 4. Seminario internacional

Durante los días 8, 9 y 10 de Noviembre de 1995, tuvo lugar en la ciudad de Cali este evento con el que se cerró el ciclo de seminarios que se realizaron durante el año dentro del Proyecto de Actualización y Modernización del Currículo en Ingeniería Eléctrica y Electrónica. En el evento se contó, además de una asistencia de directivas de programas y Facultades de Ingeniería, con las intervenciones permanentes de un profesor de la Universidad de Budapest y otro del Instituto Tecnológico de Monterrey de México.

Se realizó un organizado trabajo en comisiones, que dieron sus respuestas a seis cuestiones centrales en la actualización y modernización de los currículos en ingeniería eléctrica y electrónica:

- ¿Cuál debe ser la estructura básica que debe tener el plan de estudios de ingeniería eléctrica - electrónica, para hacerlo competitivo internacionalmente?
- ¿Cuáles son las estrategias que deben involucrarse en los diferentes componentes del plan de estudios para incentivar en los estudiantes, la creatividad y el espíritu investigativo?
- Identificar las áreas prioritarias de investigación en Ingeniería Eléctrica y Electrónica, en el país.
- ¿Qué infraestructura básica se requiere para el desarrollo de prácticas y nuevas pedagogías?
- Establecer las estrategias de acercamiento de los programas de ingeniería al sector productivo y estatal.
- ¿Qué recomendaciones o propuestas se harían para que el proceso de actualización y modernización se lleve a cabo?

Las respuestas a estas cuestiones fueron muy variadas como se puede ver al analizar las conclusiones de las reuniones Nacional y regionales, pero se pueden extraer de ellas una serie de puntos que se expondrán en los siguientes numerales.

## II.

# Características de la ingeniería eléctrica y electrónica en Colombia

El desarrollo de los programas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica desde la década de los cincuenta hasta finales de la década de los ochenta fue paulatino y siguió el ritmo de la demanda que iban imponiendo la creciente electrificación del país, la incipiente automatización de la industria y el desarrollo de las comunicaciones. A partir de 1990 el número de programas de Ingeniería Electrónica tuvo un aumento preocupantemente acelerado debido por una parte a las nuevas demandas que trajo la apertura económica y por otra parte a la nueva política educativa que removió súbitamente los controles para la creación de programas universitarios.

Aunque en el caso de la Ingeniería Eléctrica y Electrónica el problema no es tan alarmante, la cifra a nivel de la Educación Superior si es bastante escandalosa: "la creación de 1300 nuevos programas en tan sólo dos años va a llevar a una turgurización de la educación superior" (Amaya, 1995). En Mayo de 1995 existían en el país 15 programas de Ingeniería Eléctrica y 22 de Ingeniería Electrónica (Jaramillo y Olarte, 1995).

La estructura curricular de todos los programas es muy similar, aunque existan algunas diferencias de enfoque entre las universidades que los ofrecen. Las diferencias entre los programas radican básicamente en la calidad y dedicación del profesorado, en la cantidad y calidad de la investigación y en el nivel académico de los estudiantes que acceden a ellos.

### 1. Educación técnica y tecnológica

La educación técnica y tecnológica en Ingeniería Eléctrica y Electrónica es terriblemente escasa en el país. Esta situación forma parte de una situación general de la Ingeniería, en la que se tiene un número grandísimo de profesionales con un número exageradamente pequeño de personal técnico e intermedio suficientemente preparado.

Se forma entonces una PIRAMIDE INVERTIDA en la cual, la base es demasiado angosta para soportar una parte superior tan ancha. Esta situación es claramente inestable, razón por la cual, de la parte superior de la pirámide empiezan a desprenderse los ingenieros de preparación más deficiente, los cuales empiezan a actuar como técnicos o tecnólogos; oficio para el cual no están (tampoco) bien preparados.

Esta situación lamentable tanto a nivel profesional como a nivel personal se presenta debido a la "doctoritis". Quien no tenga un cartón profesional no es nadie en Colombia, ni a nivel de status ni a nivel salarial. Los buenos técnicos que pudiera haber prefieren entrar a las universidades donde estudian insatisfechos una cantidad abrumadora de físicas y matemáticas, presionando a las universidades para que sean más técnicas. Los que no entran a las Universidades y consiguen realizar una de las escasas carreras técnicas o tecnológicas, siempre tienen en mira "progresar" volviéndose profesionales.

De hecho, muchas instituciones empiezan como institutos tecnológicos como un paso previo para convertirse en universidades. Los institutos tecnológicos planteados seriamente tienen el peligro de quedarse sin estudiantes como sucede con la Tecnología Eléctrica de la Universidad Distrital en Ciudad Bolívar. Con la actual libertad para abrir programas de ingeniería la existencia de los programas técnicos y tecnológicos está seriamente amenazada.

## 2. Educación profesional

Se puede decir en general de todos los programas de ingeniería eléctrica y electrónica, que tienen la misma duración (5 años para programas diurnos), que tienen una intensidad horaria bastante alta (del orden de 30 horas a la semana de docencia presencial) y que tradicionalmente han tenido que llenar el vacío que han dejado la falta o insuficiencia de técnicos en su área de trabajo y la falta de suficientes programas de postgrado. Se tienen muchos programas que -aunque comparten la formación básica- tienen entonces o una formación prematuramente especializada o con demasiado énfasis en aspectos técnicos.

Vale la pena anotar que en los últimos años ha habido bastante inquietud por realizar reformas curriculares en varias universidades del país saltándose del esquema tradicional. A modo de comparación se muestran en el cuadro 3.1 la cantidad de asignaturas y de horas por semana en dos programas de ingeniería electrónica: uno tradicional y otro (de la Universidad Industrial de Santander) que realizó hace muy poco (1994) una reforma para disminuir ese número de horas y de asignaturas.

**Cuadro No. 3.1****Comparación entre dos programas de ingeniería electrónica  
Número de asignaturas y horas semanales**

Semestre	Programa tradicional		Nuevo programa (UIS)	
	No. Asigna.	Horas/sem	No. Asigna.	Horas/sem
I	8	34	6	21
II	5	24	5	22
III	6	28	6	21
IV	7	31	5	24
V	6	24	4	22
VI	6	28	4	24
VII	6	26	3	23
VIII	6	27	5	22
IX	7	29	4+P	15+P
X	6+P	20+P	3+P	11+P
<b>Total</b>	<b>57+P</b>	<b>271+P</b>	<b>45+P</b>	<b>205+P</b>

NOTA: La P que aparece en los semestres IX y X se refiere al proyecto de grado, el cual no se contabiliza dentro de las asignaturas.

De la misma forma se nota una tendencia hacia una flexibilidad mayor que puede evidenciarse en el porcentaje de horas que ocupan las asignaturas electivas con respecto a las obligatorias. En el Cuadro 3.2 se presenta una comparación del programa de ingeniería eléctrica vigente hasta la reforma de 1993 y el programa nuevo, fruto de esa reforma. Como se puede observar el porcentaje de horas a la semana de asignaturas electivas pasó de 8% al 19% bastante concentrado en los 4 últimos semestres.



**Cuadro No. 3.2**

**Número de horas semanales de asignaturas electivas  
Programas de ingeniería eléctrica 1981 y 1993  
Universidad Nacional - Bogotá**

Semestre	PROGRAMA 1981		PROGRAMA 1993	
	No. Asigna.	Horas/sem Electivas	No. Asigna.	Horas/sem Electivas
I	6	0/26	6	0/27
II	6	3/23	6	0/26
III	5	3/22	8	3/29
IV	6	0/25	6	0/29
V	6	0/24	7	3/30
VI	6	3/23	7	0/28
VII	7	0/26	7	11/22
VIII	6	0/23	6	11/19
IX	8	6/26	4+P	11/11
X	3+P	3/11	2+P	6/6
<b>Total</b>	<b>59+P</b>	<b>18/229</b>	<b>59+P</b>	<b>43/227</b>

### 3. Educación de postgrado

Los programas de postgrado en ingeniería eléctrica y electrónica son bastante escasos en el país y tienen una existencia precaria. Además, es desafortunadamente común que sólo una pequeña parte de los estudiantes de maestría puedan acabar sus tesis de grado. Desde que existe, hace casi diez años, la posibilidad de ofrecer especializaciones, el porcentaje de deserción en los postgrados descendió notablemente, constituyéndose como una alternativa viable y realista para los ingenieros que tienen que trabajar simultáneamente con la realización de sus estudios de postgrado. Los programas de doctorado en ingeniería eléctrica o electrónica aún no existen en la práctica en el país, aunque se ha avanzado bastante en el proceso de su definición.

### III.

## Tendencias en la formación de ingenieros eléctricos electrónicos

La última mitad del siglo veinte en el mundo ha presenciado cambios espectaculares, de tal magnitud que muchos autores no vacilan en considerar que se está comenzando a presentar en este período una tercera ola de desarrollo humano solo comparable a la invención de la agricultura y a la revolución industrial del siglo XVIII (Alvin Toffler, 1980). Estos cambios son de gran importancia para el sector educativo, toda vez que en estos años se ha presenciado "el nacimiento de un nuevo sistema para crear riqueza que no se basa ya en la fuerza sino en la mente" (Alvin Toffler, 1990).

La universidad, como nodo donde se entrelazan las redes de generación, utilización, almacenamiento y reproducción del conocimiento y donde se debe realizar la síntesis de una gran diversidad de saberes, está sintiendo fuertemente la presión del cambio. "Quienes sean responsables de determinar lo que debería aprenderse, deben estar permanentemente cuestionando el rol de la escuela en el proceso total de aprendizaje" (B. Bloom et al., 1976)

Aunque la modernización curricular es un proceso que se está dando a nivel de todo el mundo con una intensidad grande debido a los vertiginosos cambios de las última décadas, los programas curriculares que resulten de este proceso deben ser parte fundamental de un política integral de desarrollo del país y por lo tanto deben tener en cuenta toda nuestras particularidades, nuestra idiosincrasia y la historia de nuestro desarrollo.

En su proceso de modernización y de difícil inserción en la comunidad internacional, Colombia está comenzando a realizar importantes esfuerzos por aumentar la competitividad, por conseguir acreditación internacional y por mejorar las relaciones entre los diferentes actores del desarrollo como son la Universidad y el Sector Empresarial.

Las tendencias en la formación de profesionales deben verse desde dos puntos de vista: primero, desde el punto de vista de las tendencias de la

educación en general y segundo desde el punto de vista de los desarrollos específicos en las profesiones que se están analizando.

## 1. Tendencias de la educación universitaria

Como se señala muy adecuadamente en (Jaramillo y Olarte, 1995) "la educación universitaria cada día se está apoyando más en una pedagogía dinámica que conduce al estudiante a ser más protagonista del proceso enseñanza- aprendizaje, permitiéndole una participación mucho más activa y con mayores posibilidades de intervenir en las decisiones que pueden orientar su formación.

Por otro lado, la concepción misma de los planes de estudio se está dando bajo esquemas flexibles que posibilitan la satisfacción de los intereses del individuo, de la institución y del mercado".

Aparte de esas tendencias de la educación universitaria a ser más participativa y flexible, existe una necesidad y unas tendencias crecientes a que esa educación sea cada vez menos para informar y cada vez más para construir unos marcos conceptuales muy claros y sintéticos, unas matrices de conocimiento, dentro de los cuales el estudiante pueda verter los aludes de información a los que se está viendo sometido a través de todos los medios de información generales y especializados.

Se requiere de un **cambio radical en el quehacer de los docentes** tal que les permita una mayor producción de material docente, una mayor dedicación a la investigación y una actividad cada vez más intensa de integración con la sociedad y con otras ramas del saber. Que a su vez aproveche de la mejor forma posible cada encuentro con el estudiante para aquellas actividades que son irremplazables por el contacto con libros, bases de conocimiento, videos o actividades interactivas en el computador. Se tiene la tendencia actualmente a liberar un poco del tiempo de asistencia del estudiante a clases presenciales, para que, en cambio utilice ese tiempo en trabajo personal, en aprender a aprender.

La Universidad, a su vez, debe **multiplicar las posibilidades de acceso al conocimiento** del estudiante, diferentes a las del contacto con su profesor. En ese sentido es fundamental la integración con redes de información como Internet, el acceso a las nuevas fuentes de información y la consecución de material para ser trabajado en equipos de video o en el computador.

## 2. Tendencias dentro de la ingeniería eléctrica y electrónica

El desarrollo de la educación en Ingeniería Eléctrica y Electrónica no puede llevarse a cabo de forma independiente del desarrollo económico

en los campos de la economía que le corresponden. Aunque la formación básica de un ingeniero sí es independiente del grado de desarrollo del país, cuando se trata de la formación profesional aplicada (o específica) es indispensable tener presente las tendencias y expectativas de desarrollo en el área y seguir de cerca el proceso de modernización y de inserción internacional del país.

Teniendo en cuenta las tendencias de desarrollo de los campos de la ingeniería eléctrica y electrónica (Ver Jaramillo y Olarte, 1995) se pueden definir áreas en las cuales es importante que haya un mayor trabajo en las universidades tanto en la docencia, como en la investigación y extensión.

En el caso de la ingeniería eléctrica sería deseable además de las áreas tradicionales de énfasis, una mayor formación económica, en manejo ambiental de proyectos y un mayor desarrollo de temas como la gestión, la calidad del servicio y el uso racional de la energía. En el caso de la Ingeniería Electrónica se ve la necesidad de intensificar el conocimiento de los circuitos integrados y las técnicas digitales.

En general estas tendencias no introducen cambios en el plan de estudios de las carreras en sus áreas básica y básica profesional, sino en el área profesional específica que puede manejarse de una forma ágil y práctica si se tienen esquemas flexibles de profundización y/o especialización.

Ahora, el desarrollo de los conocimientos en las ingenierías eléctrica y electrónica sigue el esquema del desarrollo económico e industrial del país. Si no podemos lograr una definición más clara de objetivos y un mayor protagonismo del país en el desarrollo de aplicaciones tecnológicas y científicas, nunca podremos hablar válidamente de una modernización de la ingeniería en esos campos de acción.

#### **IV.**

### **Plan básico de estudios en el programa de ingeniería eléctrica - electrónica**

#### **1. Definición de ingeniería eléctrica- electrónica**

El ingeniero es un profesional que sintetiza toda una serie de conocimientos científicos, tecnológicos y técnicos para la solución de los problemas de la sociedad en un campo de acción específico. El ingeniero es el puente entre las necesidades y las soluciones.

La parte más importante de su formación es el desarrollo de la capacidad para crear, manejar y aplicar modelos físico-matemáticos de la realidad. Al lado de este conocimiento básico debe adquirir una serie de elementos de computación, química, ciencia de materiales, conocimientos económicos, legales y administrativos junto con toda una serie de conocimientos más o menos empíricos como son las técnicas de fabricación y construcción.

El campo de acción de un ingeniero electricista son los sistemas eléctricos con énfasis en el manejo de las altas tensiones, altas corrientes y cantidades de energía considerables y en la consideración de sistemas de potencia eléctricos en su conjunto bien sea a nivel regional, nacional e incluso internacional. Se ocupa por lo tanto de los elementos y sistemas necesarios para la generación, transporte, distribución y consumo de la energía eléctrica en grandes cantidades.

El campo de acción de un ingeniero electrónico son sistemas eléctricos con énfasis en aplicaciones donde se manejan cantidades pequeñas de energía, bajas corrientes y tensiones eléctricas usadas en funciones de control, comunicación, informática y transducción electromagnética. Se ocupa en diseñar, fabricar, construir y mantener los elementos y circuitos electrónicos usados para tales fines.

Existen diferencias a nivel mundial sobre las diferentes ramas en que se divide la ingeniería, las cuales dependen del desarrollo socioeconómico, industrial y cultural de cada país. En los países de mayor desarrollo económico, el nivel de complejidad y diferenciación de los procesos

productivos requiere de un profesional con una formación bastante especializada. Esta se logra después del grado de ingeniero bien sea a través de múltiples programas de postgrado, o por medio de programas educativos al interior de las mismas empresas.

En esos países la formación del ingeniero es de carácter básico y por ello no existe una marcada diferencia entre campos de acción para ingenieros electricistas y electrónicos. Los departamentos de ingeniería eléctrica y electrónica otorgan por lo general un título único de ingeniero electricista (o eléctrico) a personas que posteriormente se especializarán en áreas mucho más específicas de la ingeniería eléctrica o electrónica. Existe, adicionalmente, una amplia gama de técnicos, tecnólogos, ingenieros de industria e ingenieros de investigación, que produce una diferenciación en el tipo de trabajo que realiza cada tipo de profesional.

En Colombia, como en otros países de desarrollo económico no tan avanzado, la diferenciación en el área laboral es mucho menor y el profesional tiene que salir directamente de la universidad a desempeñar su trabajo sin una preparación adicional, teniendo además la posibilidad de realizar trabajos que van desde el de un técnico hasta el de un investigador, todo cobijado por un mismo título. Esta situación justifica el que exista una marcada diferencia entre ingenieros electricistas y electrónicos que muy seguramente tenderá a desaparecer con el incremento de la formación postgraduada y empresarial de los ingenieros y con la necesaria aparición de otros tipos de profesionales intermedios la cual está en mora de producirse en el país.

## **2. Perfil profesional**

Para definir un plan de estudios de una carrera es indispensable definir cuáles deben ser los objetivos de la formación de ese profesional, es decir cuál es el perfil del profesional que queremos formar.

La educación, en general, debe tener como objetivo la formación intelectual, emocional y ética integrales de un ciudadano. Las universidades le ofrecen de hecho al estudiante propuestas éticas y culturales y posibilidades de desarrollo personal, que dependen del clima muy particular que se desarrolla en cada una de ellas, el cual debe estar acorde con la misión y visión que cada una de estas instituciones se proponga.

A nivel intelectual la formación de un profesional debe tener como objetivo el formar una persona con una gran capacidad de innovación, con una capacidad desarrollada de aprendizaje y a nivel personal con una gran capacidad de liderazgo.

El objetivo general de la formación de cualquier ingeniero debe ser un profesional con una sólida fundamentación científica, tecnológica e investigativa en su rama específica de la Ingeniería, que le permita

contribuir al progreso del país, al bienestar de la comunidad y a su propia realización personal.

Como objetivos particulares de la formación de un ingeniero se pueden señalar (Comité Asesor I. Eléctrica, U. Nacional, 1993) el desarrollo de las capacidades para:

- Desarrollar y utilizar modelos físico - matemáticos de los problemas de la ingeniería en forma acorde con los progresos científicos y técnicos.
- Analizar y dar solución a problemas concretos en el área propia de la Ingeniería, utilizando las herramientas tecnológicas adecuadas.
- Administrar en forma óptima los recursos técnicos, humanos físicos y financieros requeridos en los proyectos y empresas en que intervenga o que promueva.
- Comunicarse adecuadamente con los miembros de la comunidad científica y tecnológica.
- Asimilar la literatura técnica de su área específica incluso la que se publique en idiomas extranjeros.
- Actualizar permanentemente sus conocimientos científicos y tecnológicos.
- Realizar investigaciones y desarrollar innovaciones tecnológicas que propendan por el desarrollo del país.
- Analizar y evaluar los impactos sociales, económicos y ambientales provocados por los desarrollos de la Ingeniería.

El perfil profesional formativo de todo ingeniero debería ser el mismo para cualquier rama de la ingeniería, aunque se debe admitir que tradicionalmente la formación físico matemática ha sido mejor en algunas ramas que en otras. Igualmente es lícito pensar que algunas facultades de ingeniería hagan más énfasis en las capacidades investigativas, otras en la capacidad de operación de sistemas, otras en las capacidades gerenciales y administrativas de sus egresados, de acuerdo a su visión y misión particulares.

Teniendo en cuenta el perfil ocupacional del ingeniero sí se debe definir una serie de conocimientos específicos básicos de cada rama que se supone que el ingeniero de cada especialidad debe adquirir; son los conocimientos del área básica profesional. En el área profesional específica cada universidad está en posibilidad de dar un enfoque diferente de la carrera de acuerdo a las particularidades de sus objetivos y fortalezas.

### **3. Títulos y duración**

Tal y como se menciona en el Numeral 1 de este capítulo a propósito de la definición de ingeniería eléctrica y electrónica, en el país aún se justifica la separación de estos dos tipos de ingeniería, mientras no exista un nivel de especialización tal en el trabajo, que exija una mayor cantidad de profesionales con postgrado, la cual permita pasar a una formación más básica en ingeniería eléctrica, que incluya la parte electrónica. En ese esquema hipotético la especialización del profesional se haría bien en la Universidad o bien en las empresas, con posterioridad a su título de pregrado.

La discusión sobre si el título de un profesional de la ingeniería eléctrica debe ser ingeniero electricista o eléctrico es adjetiva, pero si de hacer precisiones se trata, la sólo lectura del diccionario de la Real Academia Española basta para saber que la palabra apropiada es electricista.

Por otra parte, la duración de los estudios de ingeniería podría ser menor de los cinco años que se tienen actualmente como parámetro en el país. Como se explica en el siguiente numeral, lo fundamental de la formación del ingeniero de cualquier especialidad es aquella en el área básica físico-matemática, la cual sólo dura 5 semestres, si a esto se añade un área básica profesional de otros dos semestres, se observa que para la educación de un profesional de formación básica cuatro años serían suficientes.

Como en el país aún se demanda un ingeniero con conocimientos más específicos de los que normalmente tiene un ingeniero de formación básica, que supla en la universidad, por una parte, la formación que no se da aún en los primeros años de desempeño profesional en las empresas o en los postgrados; o que supla, por otra parte, el vacío de ingenieros de industria, técnicos y tecnólogos, entonces aún se justifica la duración actual. Sería necesaria una labor conjunta del sector educativo y el sector empresarial para llegar a esquemas educativos de duración diferente.

### **4. Plan de estudios**

Existen muchas alternativas de plan de estudios para formar un ingeniero, pero las partes o componentes que debe incluir ese plan pueden definirse concretamente. En este numeral se realiza la definición de esas partes que debe tener el plan. Pero antes de entrar en esa definición existen dos elementos que vale la pena destacar dentro del plan de estudios para ser tenidos en cuenta al definir su estructura: la flexibilidad y el proyecto de grado.

#### **4.1 Flexibilidad**

Cada vez es más importante que los planes de estudios sean lo suficientemente flexibles para permitir, por una parte, un mejor

aprovechamiento de los conocimientos y estudios muy específicos desarrollados por los docentes. Por otra parte, la flexibilidad es muy importante para darle mayor capacidad de decisión al estudiante y por lo tanto una mayor responsabilidad sobre su formación.

Finalmente, si el plan de estudios tiene un componente flexible importante no será necesario realizar cambios en su estructura para dar cabida a los últimos desarrollos de la tecnología en el área, los cuales no se dan en la parte fundamental, en el núcleo de la carrera. Con una parte flexible grande se pueden realizar cambios en la parte profesional especializada cada 4 ó 5 años sin mayores problemas. El componente flexible abarca una cuarta parte de las asignaturas del plan en algunas universidades como es el caso de la Universidad Nacional.

## 4.2 Proyecto de grado

El segundo elemento que vale la pena comentar es el proyecto de grado, ya que cíclicamente se discute en las universidades si éste es un elemento importante o indispensable. La experiencia del proyecto de grado es insustituible porque se constituye en una experiencia única e irremplazable dentro de la formación de un ingeniero ya que es la única oportunidad que tiene de desarrollar un tema con la profundidad y extensión adecuadas. Este trabajo suele ser la única experiencia del estudiante de ingeniería en la que tiene que escribir un documento de cierta extensión suficientemente estructurado e hilado.

En muchas universidades representa la única experiencia de profundización. Es una oportunidad única de trabajo en grupo durante un semestre o más para llegar a un producto común en el cual se debe estar de acuerdo. Además en la mayoría de las universidades es de hecho la única forma que tienen los profesores de explorar nuevos temas y aún en las instituciones en que existen otros medios este es uno de los más apropiados para la investigación. Si la situación de la educación en ingeniería en Colombia cambiara, de tal forma que se tuviera un número suficientemente grande de profesionales con maestrías, allí sí podría pensarse en formar un ingeniero básico sin esta experiencia que se dejaría para las maestrías donde se podría desarrollar la investigación.

## 4.3 Las partes fundamentales del plan de estudios

La formación de un ingeniero comprende varias áreas:

- La parte fundamental de la formación del ingeniero es su fundamentación físico- matemática que se conoce como el **Area básica de la ingeniería**.
- Como parte complementaria indispensable en la formación de cualquier ingeniero existe toda una serie de conocimientos que son necesarios para el ejercicio profesional. Es el **Area complementaria de la ingeniería** donde aparecen, cada vez con más fuerza, la formación económica y ecológica.

- El ingeniero debe tener además una formación socio- humanística que madure sus conceptos sobre la sociedad y sobre el hombre. **Area socio- humanística.**
- Cada rama de la ingeniería requiere un fortalecimiento de algunos conceptos fisico- matemáticos básicos para esa profesión determinada como es el caso de los Circuitos para los ingenieros electricistas y electrónicos. **Area básica profesional.**
- Los conceptos del área básica profesional se aplican en áreas más especializadas y como base para la profundización y la investigación. Este ejercicio se realiza en el **Area profesional específica.**
- Cada vez se está requiriendo con más fuerza una estrategia de formación en el trabajo interdisciplinario, el cual puede ser desarrollado en un **Area de integración.**

#### **a. Area básica de ingeniería**

Su objetivo es desarrollar en el estudiante la capacidad para desarrollar y utilizar modelos fisico- matemáticos de los problemas de la ingeniería en forma acorde con los progresos científicos y técnicos.

Incluye el estudio de la Física y las Matemáticas, el cual debe abarcar al menos la tercera parte del tiempo en los cinco primeros semestres de la carrera. El estudio de la Física debe tener un componente de trabajo en el laboratorio que ocupe al menos la tercera parte del tiempo dedicado a esta asignatura.

Debe existir una estrategia de asimilación conceptual y de integración de estos conocimientos para evitar el manejo limitado, operacional, de las fórmulas y de los procedimientos.

#### **b. Area complementaria de ingeniería**

Su objetivo es el de familiarizar al estudiante con toda una serie de conceptos, procesos, herramientas y procedimientos complementarios con su formación físico - matemática cuyo conocimiento suele ser importante para cualquier ingeniero. Debe abarcar al menos la tercera parte del tiempo de seis semestres de la carrera.

Comprende un conjunto muy amplio de temas:

Computación	Métodos numéricos
Investigación operacional	Probabilidad y estadística,
Mecánica	Termodinámica
Fluidos	Economía
Administración	Evaluación de proyectos
Expresión gráfica	Expresión oral y escrita
y en muchos casos Química, Materiales, Metodología de investigación, Ingeniería legal, Topografía, etc.	

### **c. Area socio- humanística**

Su objetivo es que el ingeniero madure y elabore sus conceptos sobre el hombre en general y la sociedad en particular. Se maneja casi siempre por la selección de asignaturas electivas, aunque en algunas universidades se están ensayando esquemas de escogencia de Líneas completas electivas. La ventaja de este segundo esquema es que trata de que el estudiante se involucre de una manera más integral en otros temas, estudiándolos con estudiantes de carreras humanísticas para los cuales esas materias son las más importantes. La formación en esta área puede incluir asignaturas obligatorias como Ética, Geografía, Historia, Sociología, etc.

### **d. Area básica profesional**

Su objetivo es el fortalecimiento y mayor elaboración de algunos conceptos físico- matemáticos básicos para la ingeniería eléctrica y electrónica. Comprende el estudio de circuitos, campos electromagnéticos, electrónica, control, conversión electromecánica, medidas eléctricas y para las carreras en particular:

- Ingeniería eléctrica:
  - Generación eléctrica,
  - y otros temas tales como:
    - Transporte de energía,
    - Sistemas de potencia
    - Instalaciones eléctricas.
- Ingeniería electrónica:
  - Comunicaciones
  - Procesamiento de señales
  - Sensores y transductores eléctricos
  - Propagación electromagnética
  - e incluso microelectrónica e instrumentación.

### **e. Area profesional específica**

Se maneja de forma independiente en las diferentes Facultades de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. En algunas partes se dictan asignaturas obligatorias que tienen que ver con fortalezas del equipo docente, con necesidades de la región donde se encuentra la universidad, con la novedad o acogida de algunos temas o con visiones particulares de lo que debe ser un ingeniero electricista o electrónico. En todas partes existe un sistema de mayor o menor número de electivas técnicas.

Esta área abarca infinidad de asignaturas. Entre las obligatorias sobresalen en la ingeniería eléctrica:

- Líneas y redes
- Instalaciones especiales
- Centrales y subestaciones
- Alta tensión
- Protecciones y accionamientos

En la ingeniería electrónica:

- Microelectrónica
- Telecomunicaciones
- Control y automatización
- Electromedicina
- Tratamiento de señales.

En otras partes como en la Universidad Nacional, se están empezando a implementar en esta área estrategias de profundización e investigación que se alejen de la especialización temprana y el enciclopedismo.

#### **f. Area Interdisciplinaria**

Debido a la relación cada vez más frecuente entre ramas muy diferentes del conocimiento se hace indispensable el desarrollo de una estrategia de formación para el trabajo interdisciplinario la cual a veces puede tomar la forma de un área diferente y en algunas otras partes se integra con el área socio-humanística.

### **5. Estrategias metodológicas**

Uno de los elementos del currículo más importante para conseguir una mejor calidad de la formación del ingeniero lo constituyen las estrategias metodológicas. Es aquí donde se necesita una acción más decidida si se quiere tener una formación más acorde con los radicales cambios que ha habido en el mundo no tanto en los mensajes que se dan a través de la educación sino en los medios que se utilizan y - a este respecto- hay que recordar la profunda frase de ese innovador de los medios de comunicación que fuera Marshall McLuhan: "el medio es el mensaje".

Sin pensar que la presencia física del profesor pueda ser reemplazada todavía por los medios electrónicos, es innegable que la utilidad de escribir en el tablero ha disminuido radicalmente, pero que, sin embargo, sigue siendo un medio demasiado utilizado ante la ausencia de conferencias de clase, material audiovisual convencional o material desarrollado para el computador. Todavía el profesor invierte demasiado tiempo en actividades que con el uso de material escrito, magnético y visual podrían ser simplificadas para dar al profesor más tiempo para impartir una formación más conceptual, más profunda y duradera.

Si queremos actualizar la formación del ingeniero de acuerdo con el nuevo ambiente que se vive hoy en el mundo debemos repensar el oficio del docente en términos de su dedicación a la PRODUCCION DE MATERIAL DOCENTE. Además- como una parte indispensable de la necesaria reestructuración que, tarde o temprano, se presentará en la profesión docente- es necesario repensar la función evaluadora del profesor. Se debe definir hasta qué punto es posible realizar evaluación automatizada, hasta qué punto se va haciendo posible una evaluación más integral y

permanente de las habilidades y capacidades del estudiante y la forma en que cambian con la educación y hasta qué punto la función evaluadora se debe especializar y separar de la función de producción de material docente y de presentación y discusión de los diferentes temas.

Esta nueva visión de la labor del profesor universitario debe incluir una definición muy clara del papel que juegan la investigación y la extensión universitaria (integración dentro de la universidad y fuera de ella) dentro de la labor docente del profesor. Las nuevas definiciones deben cambiar totalmente la JORNADA DE TRABAJO del profesor que, aún hoy, sigue basada de forma casi exclusiva en las "horas tiza".

Un punto especialmente importante dentro de las innovaciones metodológicas es la forma como se desarrollan las Matemáticas y la Física dentro del curriculum del ingeniero. Aunque es difícil conseguir un punto en el cual todas las facultades estén más de acuerdo que en el de la importancia de la formación físico-matemática del ingeniero, también es cierto que es uno de los puntos que en la práctica es más descuidado por las facultades de ingeniería pues en la mayoría de universidades no depende directamente de ellas. La formación en este aspecto queda en manos de profesores de ciencias, los cuales, por una parte, no están involucrados con la ingeniería y - por otra parte - no son siempre los mejores profesores que se consiguen en los Departamentos de Física y Matemáticas.

Pero aún sin pensar en grandes cambios en la estructura universitaria es indispensable que dentro de las actuales aulas de Ingeniería se realice un esfuerzo sistemático para que la docencia conlleve una participación más activa del estudiante en su formación y que se dé un mayor énfasis al aprendizaje conceptual sobre el aprendizaje operacional.

## 6. Recursos. Soporte administrativo e investigativo

El recurso más importante sobre el que se debe basar la formación del ingeniero es el **recurso humano** ya que el estudiante aprende principalmente lo que el profesor es y no lo que el profesor enseña. Todo esfuerzo que se haga por mejorar el nivel del profesorado repercute directamente sobre la calidad de la formación. Es fundamental trabajar intensamente en el país por elevar el status social y económico que se dá al profesor universitario. Se deben combinar además toda una serie de estrategias: programas de capacitación en el país y en el exterior, pasantías nacionales e internacionales, asistencia a congresos y asociaciones, intercambio de estudiantes y de profesores y toda una serie de medidas que contribuyan a un **ambiente dinámico, de desarrollo personal y de productividad del profesorado.**

Adicionalmente se necesitan los demás recursos físicos tradicionales para la enseñanza de la ingeniería: salones de clase, laboratorios, salones de

estudio, salones de audiovisuales, laboratorios con su equipo, salas de cómputo y hoy en día son cada vez más importantes las conexiones a Redes Informáticas y la existencia de cursos a los que se tenga acceso por medio del computador.

Se necesita además para la formación de un ingeniero, que exista un adecuado ambiente universitario integral, el cual incluye por una parte el que la universidad realice actividades de investigación y de integración tanto con su medio externo como entre sus diferentes facultades. El ambiente universitario además requiere la existencia de una vida cultural amplia que en la práctica muestre al estudiante que su vida no se debe limitar únicamente a su profesión o disciplina, sino que el saber y el hombre son por naturaleza universales.

### 6. Recursos humanos e instrumentales

El recurso humano es el conjunto de personas que forman parte de la institución educativa. Este recurso debe ser considerado como un activo que se debe desarrollar y mantener. La formación de los recursos humanos debe ser integral, es decir, debe abarcar tanto el aspecto académico como el aspecto cultural y deportivo. La institución educativa debe proporcionar a sus estudiantes un ambiente que les permita desarrollar sus capacidades y habilidades de manera integral. Esto implica que la institución educativa debe contar con recursos humanos calificados que puedan proporcionar una educación de calidad. Además, es importante que la institución educativa cuente con recursos humanos que estén comprometidos con el desarrollo de la institución y con el bienestar de sus estudiantes. La formación de los recursos humanos debe ser un proceso continuo que se adapte a las necesidades de la sociedad y del mundo laboral. La institución educativa debe estar comprometida con la formación de recursos humanos que sean capaces de enfrentar los desafíos de la vida y de contribuir al desarrollo de su país y del mundo.

## V.

### **Estrategias para actualizar y modernizar el currículo**

El Currículo como conjunto de medios que convergen en la formación del estudiante comprende muchos elementos: objetivos, contenidos, materiales, metodologías pedagógicas y métodos de evaluación del estudiante. Al evaluar un currículo para considerar su futuro se deben considerar todos estos elementos y como complemento fundamental los docentes y las actividades extracurriculares que conforman el "currículo oculto".

El primer asunto a considerar son los objetivos del currículo.

*"Antes de desarrollar un programa en una materia determinada, se debe decidir sobre asuntos tales como las principales metas del sistema educacional, el marco total de referencia de la escuela como, por ejemplo, la estructura organizativa de la escuela, etc."* (B. Bloom et al., 1976).

Como consecuencia, al pensar en trazar estrategias para la actualización y modernización de currículos profesionales es necesario comenzar por enmarcar la educación universitaria y por revisar sus objetivos dentro de un esquema que sirva de guía a los procesos de cambio. Dentro de esa reflexión sobre la educación universitaria la discusión sobre la misión y objetivos de la institución universitaria tiene un papel central. Por lo tanto comenzaremos la discusión de las estrategias de cambio de la educación profesional con esa reflexión general sobre el papel de la universidad en Colombia.

#### **1. Papel de la educación superior en Colombia**

La universidad es un nodo donde se concentra, se integra, se distribuye, se reproduce y se genera conocimiento, el cual es un elemento cada vez más importante de la vida social. Ese saber lo debe utilizar la universidad para formar profesionales y para ejercer dentro de la sociedad un liderazgo - basado solamente en ese conocimiento - que debe contribuir a dinamizar el desarrollo social con el fin de obtener una vida más humana y más digna para los ciudadanos del país.

El conocimiento no es un producto acabado e inerte que repose en libros y revistas esperando ser engullido por alguien para su alimento espiritual; el conocimiento es un producto vivo que forma parte de la dinámica social dentro de la cual es necesario como elemento fundamental de una vida lo más humana posible. Para que el conocimiento sea fértil hay que volverlo a producir cada vez que se va a utilizar, traduciéndolo a las circunstancias específicas; esto es cierto especialmente para el conocimiento técnico que está directamente ligado a la acción transformadora de la realidad.

Para cumplir con sus objetivos la universidad no se puede limitar a transmitir, resumiendo y explicando, los conocimientos inertes hallados en los escritos producidos en otras latitudes. Si se limita a ello ese conocimiento será inerte en la sociedad y no cumplirá su objetivo de ser un instrumento de desarrollo social y humano.

Por ello, además de la docencia, la universidad debe hacer investigación, para que el conocimiento sea conocimiento interpretado y conocimiento motor dentro de la sociedad. La universidad debe realizar además una serie de actividades de integración con la sociedad que le permitan estar en permanente contacto con ella para interpretar el conocimiento de la forma más adecuada a nuestras particulares necesidades. Interpretación que necesariamente debe darle un liderazgo intelectual que le permita ser un actor del desarrollo social, un transmisor de conocimiento vivo hacia la sociedad. La universidad debe además realizar integración interna del conocimiento entre sus diferentes departamentos y facultades, para fertilizar el pensamiento mediante el cruce de perspectivas sobre el cuerpo conceptual científico y técnico cuya coherencia debe ser redescubierta día a día.

Dentro de este marco la universidad debe desarrollar una actividad permanente a través de la cual se formen profesionales que hagan suyo ese conocimiento interpretado que la universidad produce de tal forma que puedan posteriormente satisfacer sus expectativas personales de desarrollo profesional y las demandas que la sociedad haga de ellos. Igualmente los egresados deberán estar en capacidad de utilizar ese conocimiento interiorizado para dinamizar la sociedad hacia los objetivos que persigue.

La universidad debe formar un profesional que a la vez que sea un ciudadano integral, una persona que maneje los conceptos y procedimientos básicos de su profesión y capaz de acceder con su formación a lo más avanzado del conocimiento detallado en el área específica de desarrollo que haya escogido dentro de su campo de acción profesional.

## **2. Elementos de una estrategia de mejoramiento de la educación universitaria en ingeniería**

En el momento de definir estrategias para modernizar y actualizar los currículos de ingeniería, las facultades no pueden limitarse a definir

estrategias de mejora de sus planes de estudio, los recursos necesarios y las metodologías de educación y evaluación. Es necesario que las facultades definan estrategias de investigación y de integración con la sociedad para que dentro de la universidad se interpreten permanentemente las necesidades del país en el área de la ingeniería y se ofrezcan propuestas y soluciones de tal forma que el conocimiento al que accedan los estudiantes sea conocimiento vivo y fértil. Estos objetivos deben lograrse al plantear la modernización y actualización en los siguientes aspectos:

- Redefinición del quehacer universitario.
- Creación de instancias de integración de la universidad con la sociedad.
- Creación de una comunidad nacional de ingenieros investigadores.
- Reorganización de la estructura interna de las universidades.
- Redefinición de los planes de estudio.
- Replanteamiento de las metodologías pedagógicas.
- Revisión profunda de los esquemas de evaluación de los estudiantes.
- Definición de los recursos necesarios.
- Desarrollo de métodos tanto de autoevaluación como de acreditación de currículos.

Cada uno de estos aspectos se deben mirar desde dos perspectivas: una a corto plazo, para saber qué cambios son posibles a nivel inmediato y otra a mediano plazo que permita concretar hacia donde creemos que debe dirigirse la educación en ingeniería en el país y cuales son las estrategias de renovación.

## **2.1 Redefinición del quehacer universitario**

Para actualizar y modernizar la educación en ingeniería es necesario actualizar y modernizar la universidad como institución dentro de una visión integral en la que la investigación y la integración con la sociedad y a su interior tengan el peso que merecen. Se debe redefinir la labor diaria del docente de tal forma que su trabajo no se evalúe solamente en términos de horas tiza o número de estudiantes por profesor. Las entidades rectoras de la educación superior en el país deben replantear su forma de evaluar a las universidades siendo consecuentes con esta triple función que ella tiene. A corto plazo esto implica cambiar una serie de prácticas y costumbres cotidianas, tales que una proporción cada vez más grande del tiempo del profesor se dedique a la producción de material, a la investigación, a la integración con la sociedad y a la integración del conocimiento realizada tanto al interior de su departamento, como al interior de la universidad.

A mediano plazo se requiere un proceso más vigoroso y profundo de reflexión sobre cuál es el rumbo que debe tomar el desarrollo del país y dentro de él qué papel le corresponde a la educación superior y dentro de ella a la universidad. En el caso específico de la ingeniería se debe impulsar por una parte el desarrollo de los postgrados, y por otra parte el desarrollo de carreras técnicas y tecnológicas de calidad para lograr que el ingeniero ocupe el papel que le corresponde por su formación y capacidades. Es

decir, la mejora en el nivel de desempeño del ingeniero en Colombia depende de que existan muchos y muy buenos técnicos y tecnólogos.

Este desarrollo en número y calidad de personal de soporte técnico es la alternativa a la proliferación de universidades que ofrecen programas de ingeniería amenazando con una masificación de profesionales que se está empezando a vislumbrar en ingeniería electrónica, en detrimento del nivel académico y profesional de los ingenieros.

## **2.2 Creación de instancias de integración de la universidad con la sociedad**

Se necesita una mejor relación de la universidad, el Estado y el sector empresarial que abarca toda una serie de posibles mecanismos de integración, como se describe más ampliamente en el numeral 6: asesorías, cursos, pasantías, convenios, ensayos, investigaciones conjuntas, centros de investigación y desarrollo. Sin embargo a nivel más global se necesita otra instancia o instancias en las cuales se sienten esos tres sectores claves para el desarrollo del país a definir cuál es el rumbo que puede y debe tomar el desarrollo científico y tecnológico.

Se necesitan esas instancias que le permitan a la universidad conocer en forma detallada y profunda los problemas de la Ingeniería en el país, proponer soluciones, difundir el conocimiento y realizar propuestas de desarrollo del país.

Se debe profundizar en la experiencia de proyectos tales como la Misión de Ciencia y Tecnología o la Comisión de Sabios que planteen desde una perspectiva globalizante similar pero más rica en propuestas concretas, qué debe hacer la industria nacional trabajando conjuntamente con la universidad y algunos entes del Estado, para que pueda desarrollarse en una dirección constante y coherente.

Esos espacios no existen en el momento así se haya creído en el pasado que algunas entidades y programas iban a realizar esa función. Estudios como los realizados por Monitor muestran el gran vacío que hay en Colombia en este campo, ya que no hay ni propuestas ni liderazgo nacional en ese sentido.

## **2.3 Creación de una comunidad nacional de ingenieros investigadores**

Si el problema de la falta de investigación en Colombia es grave, es difícil colocar un calificativo de la magnitud requerida para la falta de investigación en ingeniería. "El gran problema de la ingeniería en Colombia es que no hay investigación en ingeniería" (Pedro Amaya, 1995).

El problema de la investigación en ingeniería estriba en que ésta tiene que ser vinculada a los problemas reales del país. Esta que puede parecer una ventaja, no lo es, ya que para realizar dicha investigación se necesita la necesaria colaboración con las entidades en las que se producen los

problemas bien sean éstas industrias, entidades de servicios públicas o privadas, o comunidades.

Al no existir una industria nacional fuerte y avanzada, ni entidades en las cuales la realimentación, la estadística y el inventario de problemas sea una costumbre arraigada, se ve enfrentado el ingeniero a una labor de misionero, promotor de la calidad, gestor de la investigación, realizador y divulgador de ella. Semejante labor titánica queda muy en desventaja con otras opciones de desarrollo que tiene el ingeniero como puede ser la consultoría; la cual es más fácil de realizar, tiene mejores incentivos económicos y tiene mayor tradición en el país.

Los investigadores de la ingeniería son mirados aún dentro de la facultad como unos "seres raros" que dedican su tiempo libre a estudios que no tienen aplicación tan inmediata como otras funciones de la ingeniería (por eso son investigación). Al no existir tampoco ingenieros investigadores reales por fuera de las universidades- ya que los pocos que hacen algo similar a la investigación no cumplen con el requisito de estar comunicando sus resultados a una comunidad científica y tecnológica- se puede decir, aunque con tristeza, que prácticamente **no hay investigación en ingeniería en Colombia.**

La incidencia de este hecho en la calidad de la educación en ingeniería es directa por las razones anteriormente comentadas. Su solución es uno de los requisitos fundamentales para la actualización y modernización de la ingeniería y por lo tanto de la educación para su desempeño. Si formamos ingenieros conscientes de lo que el conocimiento puede hacer en la sociedad colombiana, con toda seguridad podrán trabajar con solvencia en cualquier otro país. En cambio, si formamos ingenieros que creen que el conocimiento es algo inerte y estéril tendrán un bajo desempeño aún en el caso de que nuestros planes de estudio sean iguales a los de las mejores universidades del mundo.

#### **2.4 Reorganización de la estructura interna de las universidades**

Es necesario reestructurar nuestras universidades en consecuencia con las observaciones anteriores. Es importante a este respecto replantear el papel de los organismos administrativos en las universidades ya que en demasiadas ocasiones son más un obstáculo que una ayuda para la docencia creativa, la investigación y la integración o extensión.

Se debe tener especial cuidado con el uso mecánico de algunos indicadores de productividad que tienden a imponerse desde la administración cuando ésta no está impregnada de los fines integrales de la universidad.

#### **2.5 Redefinición de los planes de estudio**

Los planes de estudio también son importantes dentro de una estrategia de mejora de la calidad de la educación en ingeniería. Como ya se mencionó en el numeral 4, se debe perseguir una formación integral, que tenga en

cuenta además de los objetivos de formación técnica más o menos evidentes, una formación humanística, económica y ecológica acorde con las cambiantes necesidades del medio. La formación ética se considera, en cambio que el estudiante la recibe del medio universitario, por fuera del plan de estudios propiamente dicho, como parte del currículo oculto de la universidad.

Dentro de los planes de estudio que se necesitan vale la pena recalcar la importancia de que éstos sean flexibles y que incentiven la conceptualización, la participación y la creatividad. Que sean especialmente fuertes en la parte básica, lo cual implica revisar muy cuidadosamente la formación en física y matemáticas. ¿Será que los profesores de las facultades de ciencias si están formando apropiadamente a nuestros ingenieros?

Además se debe reformular profundamente la manera en que se plantea el aprendizaje de los circuitos y del electromagnetismo. El enfoque usado en el país en la enseñanza de estos temas no es conceptual sino operativo, haciendo demasiado énfasis en las operaciones y los procedimientos.

## **2.6 Replanteamiento de las metodologías pedagógicas**

Para lograr incentivar la conceptualización, la participación y la creatividad, se necesitan cambios radicales en la forma de presentar el profesor el conocimiento. En Colombia ha hecho escuela la enseñanza operativa de la física, las matemáticas y la ingeniería con el resultado final de conceptos muy pobres. La participación del estudiante en los esquemas actuales de educación es muy escaso, el estudiante no aprende a aprender suficientemente. Los esquemas donde haya espacio para el trabajo independiente y creativo son pocos, casi siempre se reducen a la elaboración del proyecto de grado. El trabajo en clase del estudiante es, en la gran mayoría de los casos, inexistente.

La cantidad de material educativo realizado por los profesores de ingeniería, comenzando por las conferencias de clase, es mínimo. La penetración de los materiales educativos audiovisuales, computadorizados y participativos es casi nula. No existe material para la autoinstrucción.

Las metodologías pedagógicas deben empezar a mirar, a mediano plazo, hacia esquemas en que sólo se utilice la presencia física del profesor cuando sea indispensable. Y cuando exista esa presencia tenga un impacto fuerte y directo, para lo cual seguramente sea mejor un número menor de estudiantes por curso. Que se utilice la guía del profesor sólo para aquellas cosas que el estudiante definitivamente no sea capaz de realizar por su cuenta y así sacar mayor provecho de la reunión de todos los estudiantes.

## **2.7 Revisión profunda de los esquemas de evaluación de los estudiantes**

A corto plazo se deben implementar métodos de evaluación de las habilidades y capacidades de los estudiantes, que permitan hacer una evaluación permanente del cumplimiento del objetivo principal de la educación universitaria que no es informar sino formar.

Se debe pensar hacia el futuro en especializar la labor docente, de tal forma que se independice la labor de evaluación como una actividad totalmente diferente, de la realización de material educativo y de la interacción personal con los estudiantes.

## **2.8 Definición de los recursos necesarios**

Como ya se indicó anteriormente, el recurso más importante sobre el que se debe basar la formación del ingeniero es el recurso humano. Se necesitan además los recursos físicos tradicionales para la enseñanza de la ingeniería: salones de clase, laboratorios, salones de estudio, salones de audiovisuales, laboratorios con su equipo, salas de cómputo. Adicionalmente hoy en día son cada vez más importantes las conexiones a redes informáticas y la existencia de cursos a los que se tenga acceso por medio del computador.

A corto plazo se ve la urgente necesidad de aumentar la cantidad de salones, no para clases, sino para el estudio independiente de los estudiantes. De forma coherente con una mayor participación del estudiante en su formación, se deben aumentar todos los recursos para el trabajo individual de los estudiantes, entre los cuales cabe señalar por su urgencia las conferencias de clase y toda una serie de materiales educativos que permitan este tipo de trabajo independiente.

## **2.9 Desarrollo de métodos de autoevaluación y de acreditación de currículos**

Se viene desarrollando en los últimos años, a raíz de la nueva Ley de Educación, una creciente preocupación por realizar evaluaciones permanentes de los currículos, principalmente para cumplir con el requisito de acreditar los programas y las universidades. Este es un elemento fundamental para cualquier estrategia de actualización y modernización, por lo que se constituye en un elemento positivo en dicho proceso.

## **VI.**

### **Relaciones y estrategias de la universidad con el sector productivo, el sector público y la comunidad**

Tal y como se ha venido insistiendo a lo largo de este documento, la universidad debe tener como función no solamente realizar docencia e investigación, sino también realizar toda una serie de actividades de integración con la sociedad que permitan que el conocimiento y la formación que reciben los estudiantes no sean inertes y estériles sino que estén enfocados a la acción dentro de la sociedad.

Esta función de integración de la universidad con la sociedad es además importante para poder ser un centro real de recepción y divulgación del conocimiento tanto del recibido, como del allí generado. Si la universidad no realiza estas actividades de integración, la investigación que allí se realice puede resultar desconectada de la realidad del país y por lo tanto improductiva desde el punto de vista nacional.

Desde otro punto de vista, la sociedad necesita integrarse con la Universidad a muchos niveles. La producción a nivel mundial se está volviendo cada vez más intensiva en conocimiento, la tendencia es hacia artículos de alto valor agregado. La sociedad debe buscar a la universidad que es el nodo donde converge conocimiento desde los más variados ángulos y donde se integra como un todo coherente y comprensible. Con el reto de competitividad y de internacionalización que está viviendo la producción, ésta se vuelve una necesidad apremiante.

En la universidad además se puede generar conocimiento tanto a nivel básico como a nivel aplicado. La sociedad debe volcarse sobre la universidad haciendo conocer sus problemas y necesidades de desarrollo del conocimiento. El enfoque interdisciplinario tiene en la universidad su ambiente natural y allí se pueden establecer muchas relaciones que no son posibles dentro de las empresas de la producción.

La sociedad necesita profesionales con unas características que ella conoce más que nadie. Si la universidad no recibe la necesaria realimentación sobre cuál es el profesional que debe formar, la sociedad será la más

perjudicada. A este nivel se están realizando estudios sobre las necesidades de las empresas, pero estos no siempre llegan hasta las universidades.

Existen actualmente una serie de espacios donde se realiza esa integración Universidad- sociedad, pero es indispensable el fortalecimiento real de muchos de ellos y la creación de otros. Estos espacios incluyen proyectos de investigación, asesorías, cursos, congresos, ensayos, pasantías, incubadoras de empresas, centros, programas de educación continuada, programas de acción comunitaria, comités para la educación y el desarrollo y canales de comunicación. A continuación se comentan en detalle las posibilidades y las acciones que se deberían acometer en cada uno de ellos.

## **1. Proyectos de investigación**

Dentro de los proyectos de investigación se dá una integración con la sociedad que puede ser más o menos directa. Existen algunos proyectos que se pueden desarrollar en conjunto con industrias, empresas del estado o comunidades. En el campo de la ingeniería eléctrica y electrónica se han presentado casos esporádicos de este tipo: varias universidades tienen relaciones con empresas de energía con las cuales se está tratando de consolidar trabajo investigativo y se han tratado de crear centros de investigación en electrónica y en eléctrica.

Lo urgente es consolidar esta investigación dentro de la ingeniería mediante el apoyo de toda la sociedad, para darle permanencia y asegurar su subsistencia. Todavía es necesario recorrer un largo camino para que la universidad y los sectores externos a ella se puedan poner de acuerdo en el tipo de investigación que conviene a ambos, sin caer ni en investigación excesivamente académica que haga perder el interés del sector no universitario, ni en investigación excesivamente aplicada que haga perder la continuidad necesaria, convirtiéndose en esporádica consultoría.

## **2. Asesorías**

Las universidades, hace ya más de diez años, han venido intensificando su actividad en este campo. Existe un espacio dentro de las asesorías que es muy apropiado para las universidades por tratarse de estudios novedosos, de largo plazo o de baja rentabilidad económica pero alto interés para el país, o para la academia. Sin embargo, existe el peligro de que la universidad se salga de ese espacio y entre a competir con las consultorías.

## **3. Cursos**

La actividad de las universidades en este sentido ha aumentado en los últimos años bien sea directamente o a través de asociaciones

profesionales. Desafortunadamente los cursos más productivos económicamente no son siempre los más interesantes desde el punto de vista académico por lo que es necesario estar alerta para que esta situación no lleve al facilismo y a la desaparición de los cursos de mayor nivel.

#### **4. Congresos**

Esta es una actividad más esporádica que no logra consolidarse en el país. El interés de los sectores extra- académicos no es muy evidente. Esta situación está relacionada con la debilidad de las Asociaciones de ingenieros y la ausencia de publicaciones de ingeniería realmente fuertes. En general se evidencia una debilidad gremial muy grande y una pérdida de influencia de la ingeniería colombiana en la sociedad, por lo que, cuando estos congresos se realizan no tienen la repercusión que deberían tener.

#### **5. Ensayos**

Los laboratorios de las universidades tradicionalmente han llenado el vacío de laboratorios de ensayos en el país. A medida que los laboratorios externos se desarrollan, la universidad va desplazándose hacia otras áreas. Esta función ha servido a las universidades a mantener su relación con el sector externo, pero ante la posibilidad de nuevos tipos de vínculo en los cuales se puedan realizar actividades más interesantes desde el punto de vista académico, pierde un poco de su importancia.

#### **6. Pasantías**

Se está presentando una actividad creciente en este campo, debido al mayor interés que las empresas públicas y privadas muestran hacia la vinculación temporal de estudiantes de ingeniería. La experiencia es muy interesante para la formación del estudiante. En algunas universidades se ha colocado como una actividad obligatoria, lo cual ha conllevado a problemas de resistencia por parte de los estudiantes. El esquema voluntario parece ser mejor, tal vez acompañado de algún estímulo académico como reemplazar asignaturas. No sería en cambio conveniente reemplazar el proyecto de grado por pasantías ya que sus objetivos son muy diferentes.

Se deben impulsar también las pasantías de profesores en empresas públicas y privadas, como una estrategia más de interacción de la universidad y el sector externo.

#### **7. Incubadoras de empresas y centros**

Estas son formas nuevas en el país de relación entre la universidad y la sociedad. En el presente momento existe el inicio de lo que podrán ser

Incubadoras de Empresas, la experiencia aún necesita tiempo para consolidarse.

Ultimamente se han creado en el país Centros de Investigación y Desarrollo donde concurren industrias, universidades y empresas del Estado. La experiencia está en sus comienzos. Debe existir una muy buena concertación sobre los resultados esperados para que se cumplan las expectativas de todas las partes.

## **8. Programas de educación continuada**

Existe una presión cada vez mayor de los profesionales por una educación posterior a su título de pregrado. Se están proponiendo en la actualidad programas que sin ser postgrados convencionales, vayan más allá de los simples cursos de actualización. En algunas universidades se está permitiendo que los ingenieros tomen cursos que normalmente son de postgrado, dentro del esquema de educación continuada.

Otra alternativa que se propone es que se establezca un sistema de créditos dentro del cual se vayan acumulando puntos con diferentes tipos de cursos y de trabajos dirigidos por la universidad dentro de la industria, de tal forma que se pueda otorgar algún título académico, posiblemente diferente a los ya existentes.

Sería interesante también pensar en esquemas similares al "Chartered Engineer" inglés, dentro del cual son las asociaciones de ingenieros las que dan una especie de título de acreditación certificando que el ingeniero ya ha desarrollado un "buen criterio" de ingeniería.

## **9. Programas de acción comunitaria**

De tiempo en tiempo se organizan en las facultades de ingeniería actividades comunitarias, similares a las que existen en algunas carreras del área de la salud y de las ciencias humanas. Por iniciativa individual también se realizan trabajos de apoyo a comunidades urbanas o a poblaciones pobres. Este trabajo nunca se ha podido consolidar en ingeniería donde, en general, se trabaja desde un enfoque que centra su atención más en los problemas técnicos que en los sociales.

## **10. Comités para la educación y el desarrollo**

Cuando se trata de responder a la pregunta de ¿Cuáles son las investigaciones prioritarias para el país? se evidencia que existe un vacío en nuestra sociedad, de entes en los cuales tengan cabida con el mismo rango las empresas, la universidad y las entidades públicas que estén a cargo del desarrollo económico, científico y tecnológico. Ni la universidad,

ni la industria, ni el gobierno pueden definir e impulsar los necesarios programas de desarrollo científico y tecnológico, ya que para ello se necesitan acuerdos a nivel nacional sobre en qué puntos vale la pena concentrar los esfuerzos.

Tampoco los Consejos de Ciencia y Tecnología actuales, ni el Ministerio de Desarrollo, ni el Ministerio de Educación están en capacidad de llegar por sí solos a estas necesarias respuestas. La universidad tiene que jugar un papel muy importante en esas definiciones. La Asociación Colombiana de facultades de ingeniería, ACOFI- está en capacidad de motivar y dar impulso al proceso de creación de este espacio tan indispensable para el futuro desarrollo del país.

## **11. Canales de comunicación**

En Colombia hay serias deficiencias de comunicación entre los miembros de las comunidades profesionales de la ingeniería. Eso es cierto tanto a nivel gremial, como a nivel técnico. La cantidad de publicaciones de ingeniería es risible y las pocas que hay tienen, en general, un campo de acción y una circulación, terriblemente reducidos.

Desafortunadamente, en el país la controversia científica y técnica- al menos en el caso de la ingeniería - se queda a nivel de chisme, de pasillo y del escritorio de los funcionarios que tienen que evaluar proyectos, personas o trabajos. Una condición indispensable para la creación de ciencia y de tecnología es precisamente la divulgación y es lamentable que las únicas tribunas que hoy tenemos para hacerlo sean las internacionales.

Se requiere abrir canales donde puedan ventilarse los problemas pequeños y grandes de la ingeniería para que, además, las universidades tengan una fuente adicional de donde extraer temas de investigación y de asesoría y a la vez sean tribunas para discutir las ideas, los conceptos, las técnicas. Las empresas podrían identificar y discutir allí los problemas pendientes de solución, encontrar fuentes de inspiración para nuevos productos y procesos e incentivos para promover procesos de mejora de la calidad.

## **VII. Recomendaciones**

En este numeral se resumen las recomendaciones que a lo largo del documento se han venido realizando a los diferentes actores del planeamiento del proceso educativo, para la actualización y modernización del currículo en ingeniería eléctrica y electrónica.

### **1. Facultades de ingeniería**

- Con respecto a los planes de estudio.

- Estructurar los planes de tal forma que tengan una componente flexible grande, de tal forma que se pueda cambiar cada 4 ó 5 años sin mayores problemas.
- Se deben incentivar las actividades interdisciplinarias.
- Permitir al estudiante ser parte de la investigación y la extensión.
- Mejorar la estrategia para la formación socio- humanística.

- Metodologías.

- Revisar como se están "dictando" las Físicas, las Matemáticas, el Electromagnetismo y los Circuitos.
- Incentivar la participación, la conceptualización y la creatividad.
- Discutir y llevar a la práctica las metodologías para desarrollar capacidades, habilidades y conceptos.

- Evaluación del estudiante.

Aunque se admite de forma general que el objetivo principal de la formación intelectual universitaria es el desarrollo de capacidades y habilidades, la evaluación sigue centrada en la repetición exacta de la información y en los resultados y sólo marginal e intuitivamente sobre el aprendizaje de procesos y el desarrollo de habilidades .

- Docentes.

- Se debe replantear el papel del docente, sus funciones, su quehacer diario.
- Deben desarrollarse estrategias para la producción de material docente.
- Se debe promover el fortalecimiento de grupos de investigadores.

- Se debe promover y dar estímulo al estudio de los docentes.
  - Se debe promover la integración del saber de los docentes dentro de la universidad y con la sociedad.
  - Dar espacio en las jornadas de trabajo a la investigación y la integración (extensión).
  - Se deben formar expertos en desarrollo de las capacidades específicas que necesita un ingeniero.
  - Se deben formar expertos en evaluación de capacidades.
- Recursos.
- Salones para estudio (diferentes a los de clase).
  - Material para autoaprendizaje.
  - Computadores y Aplicaciones para el estudio y la investigación.
  - Redes de Información. Equipos para CD-ROM
- Postgrados.
- Es necesario dar impulso a los programas de maestría y doctorado en ingeniería eléctrica y electrónica.

## **2. Entidades rectoras de la educación superior**

- Educación técnica.
- Es indispensable y urgente invertir la pirámide de la educación superior en el país. La mejor forma de subir el nivel del trabajo del profesional de la ingeniería en Colombia, permitiendo su modernización, es promoviendo de una forma urgente y decidida la preparación de un número muy grande de técnicos y tecnólogos muy bien preparados y acordes con necesidades identificadas por el sector empresarial. Se deben además establecer posibilidades de mejoramiento continuo de los técnicos y tecnólogos, especializaciones, grados, sin necesidad de pasar por el cartón profesional.
- Postgrados.
- La otra necesidad urgente para modernizar la educación en ingeniería, es aumentar la cantidad y calidad de maestrías, especializaciones, doctorados y otras formas de educación de postgrado que rebajen la presión de especialización prematura que hoy se ejerce sobre el pregrado. Obteniendo este objetivo sería posible reducir la duración de la ingeniería básica a cuatro años.
- Cantidad de programas.
- Es necesario poner freno a la cantidad de programas profesionales. Se necesitan menos ingenieros pero cada vez mejor formados. La masificación de la ingeniería eléctrica y sobre todo de la electrónica llevaría a una necesaria baja de la calidad. Eso no quiere decir que todos los programas que han surgido en los últimos cinco años sean de baja calidad, se evidencia que allí también los hay buenos. Una forma de ayudar a que no se multipliquen es dando más incentivos a

las alternativas de educación técnica. Se debe seguir incentivando la acreditación volviéndola más necesaria y tomando un poco más las riendas del proceso.

- **Indices.**

Es supremamente peligroso cuantificar la productividad de la educación comparando sólo índices de número de estudiantes por profesor. Invita a la masificación y a la baja de calidad. Al evaluar el desempeño de programas y universidades deben tenerse en cuenta en los índices la investigación, la extensión (integración), la producción de material y por supuesto si dentro de la cuenta se incluyen los postgrados, en los cuales debe haber muy pocos estudiantes por profesor.

- **Nivel del profesorado universitario.**

Es necesario realizar esfuerzos desde todos los ángulos para elevar el nivel de preparación de los profesores, para lo cual es indispensable elevar el status, el nivel de remuneración y de incentivos. Se deben apoyar las becas para hacer postgrados en el país, como un medio para fortalecer además los postgrados nacionales.

### **3. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería - ACOFI -**

- **Actividad gremial.**

Es necesario que ACOFI, en conjunto con las Asociaciones de Ingenieros promuevan el fortalecimiento del gremio ante el país. La ingeniería debe retomar liderazgo en la sociedad. Se debe impulsar un mayor número de actividades y de mayor impacto. Congresos, debates, ruedas de prensa que suban el nivel de las discusiones públicas acerca de la ingeniería y que aporten a la mejor comprensión de los aspectos técnicos de los problemas del país.

- **Comités de desarrollo.**

ACOFI está en capacidad de motivar y dar impulso al proceso de creación de los Comités para la educación y el desarrollo, tan indispensables para el futuro desarrollo del país, de los cuales se habló anteriormente.

- **Publicaciones.**

Para llenar el vacío de publicaciones técnicas en ingeniería se necesita del concurso de muchos esfuerzos que ACOFI podría seguramente canalizar.

- **Investigación.**

Es necesario apoyar desde todos los ángulos posibles el desarrollo de la investigación en ingeniería. Convencer al país sobre su necesidad, convencer a las facultades de abrir el espacio necesario e incentivar todos los esfuerzos que lleven a ese propósito.

- **Postgrados.**

Para realizar la necesaria investigación en ingeniería el país necesita cada vez más magisteres y doctores en ingeniería. Para realizar actividades especializadas, se requieren cada vez más ingenieros con diferentes niveles de postgrado en muchísimas áreas dentro y fuera de la ingeniería. Las facultades de ingeniería deben ofrecer esos programas. La Asociación puede impulsar a las facultades a que lo hagan.

- **Pasantías.**

Un tipo de relación entre facultades de ingeniería, poco utilizado en el país, son las pasantías de profesores en otras universidades. Es tiempo de aprender de los demás y de que los que han avanzado más proyecten su conocimiento.

## **4. Sector productivo**

- **Promoción de técnicos.**

Una buena parte de la responsabilidad de la escasez de técnicos y tecnólogos recae sobre el sector productivo que no les asigna el status y los salarios que hagan atractiva la técnica como carrera. Es dentro de las empresas donde se debe combatir la "doctoritis" estimulando el trabajo y el conocimiento y las posibilidades de progreso dentro de la técnica.

- **Discusión de necesidades.**

Para que pueda darse el desarrollo tecnológico es necesario que se usen infinidad de canales para buscar soluciones a los problemas, para buscar nuevos productos, procesos y métodos.

Una discusión abierta de los problemas y necesidades que se enfrentan a diario permitiría la concurrencia de soluciones que a veces llegan de los sitios más inesperados. Esta discusión es un factor muy importante para que las investigaciones que se propongan en las universidades sean crecientemente útiles, permitiendo una formación mucho mejor de los estudiantes.

Se ha encontrado que muchos de los problemas que enfrentan a diario nuestros profesionales duran años en ser sacados a la luz pública - muchas veces por el miedo a mostrar una ignorancia que es compartida por una inmensa parte del sector,- posponiendo innecesariamente su solución.

- **Pasantías**

La industria debe seguir promoviendo las pasantías de estudiantes y profesores en la industria como un medio de conocer mejor a sus futuros ingenieros y como un canal más de comunicación entre los dos sectores.

Muchas de las propuestas que se han planteado están dirigidas a diversas entidades del Estado como las entidades rectoras de la educación y las universidades públicas, sin embargo hay una recomendación que debe ser realizada al Estado en su conjunto, por su nivel de generalidad y por tratarse de un asunto de la mayor importancia para el desarrollo de la sociedad.

Se trata de realizar de forma seria, detallada y profunda la discusión sobre el rumbo que debe tomar el país. El país no puede seguir al vaivén de la moda que se imponga en los organismos de financiación internacional. El país debe escoger decididamente un rumbo y mantenerlo coherentemente. No se puede estar oscilando inestablemente entre apertura y protección, no se puede dejar al garete la selección de los nichos en los cuales pueda hacerse fuerte el país y aprovechar sus ventajas comparativas. No puede el Estado ser indiferente a las políticas de otros países, incluso latinoamericanos, que dan más apoyo a sus empresas para hacer competencia a las nuestras. No se puede seguir siendo tan pasivos a nivel del comercio y la producción internacionales.

El Estado no puede, ni debe, forzar a que haya producción o actividad económica en un campo o en otro, pero el poder que tiene para incentivar direcciones de desarrollo sí es muy grande. Si el país no se moderniza y actualiza en su estructura económica todos los esfuerzos que se hagan por modernizar la ingeniería y su enseñanza serán inútiles. El esfuerzo tiene que ser conjunto y coordinado para perseguir fines comunes y darle al país metas, esperanzas y posibilidades de un desarrollo social que permita e incentive el desarrollo cada vez más humano de sus ciudadanos.



## Bibliografía

- Amaya Pedro, *Internacionalización, competitividad e ingeniería*. Conferencia, Seminario nacional para la actualización y modernización del currículo en ingeniería eléctrica y electrónica. Pereira 27 de Julio de 1995.
- Bloom Benjamin et al., *Manual de evaluación formativa del currículo*, Bogotá, UNESCO, 1976.
- Comité Asesor de Carrera de I.E, *Reforma curricular de la carrera de ingeniería eléctrica*. Bogotá, Universidad Nacional, 1993
- Gutiérrez Jorge Juan, *Documento nacional sobre modernización y actualización del currículo en ingeniería eléctrica y electrónica*. Pereira, Julio de 1995
- Mockus Antanas, *Lineamientos sobre programas curriculares*. Bogotá, Universidad Nacional, 1989.
- Alvin Toffler, *El cambio del poder*, Barcelona, Plaza y Janes. 1990.
- Toffler Alvin, *La tercera ola*, Barcelona, Plaza y Janes, 1980,

# Lista de entidades que participaron en las reuniones regionales, nacional e internacional

## Seminario Regional

Calí - Corporación Universitaria Autónoma de Occidente

CUAO	Juana María Campo	César M. Rojas
	Oscar Agredo	Iris Cabra
	Heberth González	Kenji Watanabe
	Sobeida E. Cerón	Luis E. Saavedra
	Alexander Martínez	Orlando Vargas
	Roberto Navarro	
CHIDRAL	Carlos O. Muñoz	
EMCALI	Gustavo Montaña	
EPSA	Héctor Restrepo	
	Emiro Cifuentes	
INDICEL LTDA.	Jorge Nieto	
PROPAL	Arturo Martínez	
Telecom	Gilberto Charry	
Universidad de Ibagué	Zosimo Arevalo	
Universidad Javeriana	Andrés Jaramillo	
Universidad del Valle	Luis A. Gómez	

## Seminario Regional

Cartagena - Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar

Corporación U. Tecnológica de Bolívar	14 profesores
Fundación Universidad del Norte	Ana María Jaller
Escuela Naval Almirante Padilla	Carlos María Garzón
Universidad Industrial de Santander	Alirio Cala Vecino
Universidad Pontificia Bolivariana	Luis Alfonso Díaz Nieto
Empresa Colombiana de Petróleos -ECOPETROL-	Antonio Escalante Awas
Electrificadora de Bolívar	Leobardo Marrugo Muñoz
Petroquímica Colombiana S.A.	Jorge De la Espriella
Colclinker S.A.	José Jimeno C. y Edgar Landazabal

Relator y coordinador: Ings. Alirio Cala Vecino y Luis Alfonso Díaz Nieto

## Seminario nacional

Pereira

ACIEM Risaralda	José Germán López Q.
ACOFI	Jaime Salazar Contreras
	Eduardo Silva
ACOPI - Asoc. Col. de pequeño industriales	Alonso Acuña
ANDI - Asociación Nal de Industriales	Jairo Melo E.

**Colpapel**  
Corporación U. Autónoma de Occidente. Cali

**Corporación Universidad de Ibagué**  
**Empresa de Energía del Quindío**  
**Empresas Públicas de Medellín**  
**Empresas Públicas de Pereira**

**Hi-Tech**  
**ICFES**

**Ingenio Risaralda**  
**Magnetron**  
**Papeles Nacionales**  
**Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá**  
**Publik Informadores**  
**Universidad de Antioquia**  
**TECNOS**  
**Telecom - Regional**  
**Telecom - Departamental**  
**Universidad Javeriana. Cali**  
**U. Nal. de Colombia. Santafé de Bogotá**

**Universidad Nal. de Colombia. Medellín**  
**U. Pontificia Bolivariana. Medellín**  
**Universidad Tecnológica de Pereira**

**Fernando Cruz Mesa**  
**Enrique Quispe O.**  
**Oscar Agredo**  
**Zósimo Arévalo Velosa**  
**Luis Carlos Urrea**  
**Iván Darío Mejía**  
**Jorge Eduardo Murillo M.**  
**Orlando Charria**  
**José N. Revelo**  
**Jaime Niño Díez**  
**Eduardo Valderrama Varela**  
**Marcial Navarro B.**  
**José Alid Aluy**  
**Francisco Viveros Moreno**  
**Jorge Enrique Giraldo N.**  
**Jorge Hernán Mejía**  
**Pedro José Amaya**  
**Luis Enrique Arango J.**  
**Hernando Sierra R.**  
**Andrés Jaramillo**  
**Antonio Mejía Umaña**  
**Carlos Cortés Amador**  
**Clara Rojo Ceballos**  
**Eugenio Betancur**  
**Alejandro González B.**  
**Mario Acosta Acosta**  
**Nilssen Janeth Gutiérrez S.**  
**Jorge Alberto Mejía**  
**Luz Elena Palacio G.**  
**Héctor Julio Sánchez Acero**  
**José Germán López Quintero**  
**Jaime A. Caldas M.**  
**Alvaro Acosta M.**  
**Jorge Juan Gutiérrez G.**  
**Alberto Ocampo V.**  
**William Rendón**  
**Iván Tabares**  
**Eyder Tabares**  
**Clara Beatriz Díaz**  
**Alexander Velásquez**  
**Javier Arroyave Ochoa**

**Relatores: Luz Elena Palacio G. - Héctor Julio Sánchez Acero - Jorge J. Gutiérrez**

## **Seminario internacional**

**Cali - Universidad del Valle**

**ACOFI**  
**Corporación Regional Cauca**  
**Corporación Tecnológica de Bolívar**  
**Corporación Universitaria de Ibagué**  
**Escuela Colombiana de Ingeniería**  
**ICFES**  
**Instituto Tecnológico de Monterrey México**  
**Pontificia Universidad Javeriana**  
**Pontificia Universidad Javeriana (Cali)**  
**Science Proyects Ltda.**  
**Universidad Autónoma**

**Universidad de Antioquia**

**Universidad de los Andes**

**Jaime Salazar**  
**Alfredo Corestain**  
**Luis E. Rueda Rincón**  
**Zósimo Arévalo**  
**Roberto Ríos**  
**Luis Alfredo Posada**  
**Graciano Dieck**  
**Juan Pablo González**  
**Andrés Jaramillo Botero**  
**Néstor Aragón**  
**Oscar Agredo**  
**Kenji Watanabe**  
**Luis Alberto Flores**  
**Jorge Hernán Mejía**  
**Camilo Larota**

Universidad de Budapest  
Universidad Del Cauca

Universidad del Norte  
Universidad Del Quindío  
Universidad Nacional

Universidad del Valle

Universidad del Valle (Palmira)  
Universidad Industrial de Santander  
U. Pedagógica y Tecnológica de Colombia  
Universidad San Buenaventura  
Universidad Santo Tomás de Aquino  
Velásquez Ltda.

Lajos Bajza  
Emiliano Saavedra  
Pablo Emilio Jojoa  
Cristhian Gonzáles Pua  
Andrés Granados  
Carlos Garzón  
Clara Rojo Ceballos  
Antonio Mejía Umaña  
Guillermo Rodríguez  
Iván E. Ramos  
Luis Alberto Gómez  
Jorge Elecer Patiño  
Raúl Alberto Vásquez  
Gabriel Ordoñez  
Eduardo Rincón Becerra  
José Rodrigo Núñez  
Marco Antonio Vargas  
Luis Fernando Velásquez

**Relator y compilador del documento final: Antonio José Mejía Umaña**



Este libro se terminó de imprimir en  
Opciones Gráficas Editores Ltda.  
el 13 de septiembre de 1996.  
Santafé de Bogotá

Jorge Torres  
 Eusebio Barreda  
 Pablo Gavillo Jorja  
 Cristóbal González Paz  
 Andrés González  
 Carlos García  
 Clara Inga Caballero  
 Antonio María González  
 Guillermo Rodríguez  
 Juan E. Gómez  
 Luis Alfonso López  
 Jorge Elvira Ospina  
 Raúl Alfonso Valencia  
 Ricardo González  
 Eduardo Pérez de Guzmán  
 José Rodrigo Wauter  
 María Adelaida Vargas  
 Luis Francisco Velázquez

de y cumplimiento del documento final anterior José María González

Este libro se terminó de imprimir en  
 Opciones Gráficas Editoras Ltda.  
 el 13 de septiembre de 1996  
 Santafé de Bogotá