



ACOFI

ASOCIACION COLOMBIANA
DE FACULTADES DE INGENIERIA



INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL
FOMENTO DE LA EDUCACION SUPERIOR

Actualización y modernización del currículo en INGENIERIA ELECTRICA - ELECTRONICA



OF

Actualización y modernización del currículo en INGENIERIA ELECTRICA - ELECTRONICA

Documento ejecutivo



ACOFI

ASOCIACION COLOMBIANA
DE FACULTADES DE INGENIERIA



ICFES
LA EDUCACION SUPERIOR

INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL FOMENTO
DE LA EDUCACION SUPERIOR

M F N No - 0038

PACOF 38

ACOFI 24 JUN. 1997
Centro de Documentación

SANTAFE DE BOGOTA, D.C.
SEPTIEMBRE 1996

PACOF 38 - 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
Vicepresidente 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 - 008 - 3 Ingeniería Eléctrica - Electrónica

El proyecto: ACTUALIZACION Y MODERNIZACION DEL CURRÍCULO 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

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.

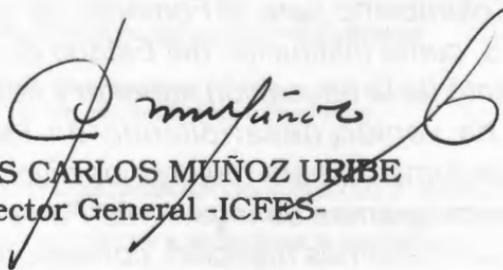
El Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES, como Institución del Estado comprometida con el mejoramiento de la educación superior y consciente de esta necesidad, ha venido desarrollando en los últimos años actividades de fomento para mejorar los niveles de calidad en los 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.

Contenido

Presentación

Introducción

I.	Definiciones	11
1.	Definición de ingeniero	11
2.	Definición de ingeniero electricista	11
3.	Definición de ingeniero electrónico	11
4.	Justificación de la diferenciación en Colombia	12
II.	Plan mínimo de estudios	13
1.	Area básica	13
2.	Area complementaria	14
3.	Area socio - humanística	14
4.	Area básica profesional	14
5.	Area profesional específica	15
6.	Area interdisciplinaria	15
III.	Elementos necesarios para el mejoramiento de los planes de ingeniería eléctrica y electrónica en Colombia	16
1.	Redefinición del quehacer universitario	16
2.	Creación de instancias de integración de la universidad con la sociedad	16
3.	Promoción de la investigación en ingeniería	17
4.	Reorganización interna de las universidades	17
5.	Redefinición de los Planes de Estudio	17
6.	Replanteamiento de las metodologías Pedagógicas	18
7.	Revisión de los esquemas de evaluación de estudiantes	18
8.	Definición de los recursos necesarios	18
9.	Autoevaluación y acreditación de currículos	18
IV.	Tendencias en la formación de ingenieros eléctricos y electrónicos	19
1.	Tendencias de la educación universitaria	19
2.	Tendencias dentro de la ingeniería eléctrica y electrónica	20
VII.	Recomendaciones	21
1.	Facultades de ingeniería	21
2.	Entidades rectoras de la educación superior	22
3.	Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI-	23
4.	Sector productivo	24
5.	Estado	24

I. Definiciones

1. Definición de Ingeniero

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.

2. Definición de Ingeniero Electricista

El Ingeniero Electricista es un Ingeniero cuyo campo de acción 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.

3. Definición de Ingeniero Electrónico

El Ingeniero Electrónico es un Ingeniero cuyo campo de acción son los 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.

4. Justificación de la diferenciación en Colombia

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.

II. Plan mínimo 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 muy concretamente. En este numeral se realiza la definición de esas partes que debe tener el plan.

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 físico-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**.

1. Area básica

Su objetivo es desarrollar en el estudiante la capacidad para desarrollar y utilizar modelos físico- 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 una 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.

2. Area complementaria

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.

3. 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 se 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.

4. 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 e instalaciones eléctricas.

- ✓ Ingeniería electrónica: Comunicaciones, procesamiento de señales, sensores y transductores eléctricos, propagación electromagnética e incluso microelectrónica e instrumentación.

5. Area profesional específica

Se maneja de forma muy diferente 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 las líneas y redes, instalaciones especiales, centrales y subestaciones, alta tensión, protecciones y accionamientos y en la ingeniería electrónica microelectrónica, telecomunicaciones, control y automatización, electromedicina y tratamiento de señales.

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

6. Area interdisciplinaria

Debido a la relación cada vez más frecuente entre ramas muy diferentes del conocimiento se hace crecientemente 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.



III.

Elementos necesarios para el mejoramiento de los planes de ingeniería eléctrica y electrónica en Colombia

Los elementos necesarios para el mejoramiento de los planes de ingeniería eléctrica y electrónica en Colombia se describen a continuación.

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.

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.

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: 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.

3. Promoción de la investigación en ingeniería

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. 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 se podrán desempeñar con solvencia en cualquier otro país. En cambio, si formamos ingenieros que crean 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.

4. Reorganización interna de las universidades

Es necesario reestructurar nuestras universidades en consecuencia con las observaciones anteriores. Es muy 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.

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. 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 acordes 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 sobre 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. Además se debe replantear profundamente la forma 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.

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

7. Revisión de los esquemas de evaluación de 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 más 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.

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.

9. 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.

IV.

Tendencias en la formación de ingenieros eléctricos y 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 la revolución industrial del siglo XVIII. 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.

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

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.

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 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 muy 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 de 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.

V. 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 promover 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 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.

5. Estado

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.

Este libro se terminó de imprimir en
Opciones Gráficas Editores Ltda.
el 5 de septiembre de 1996.
Santafé de Bogotá