



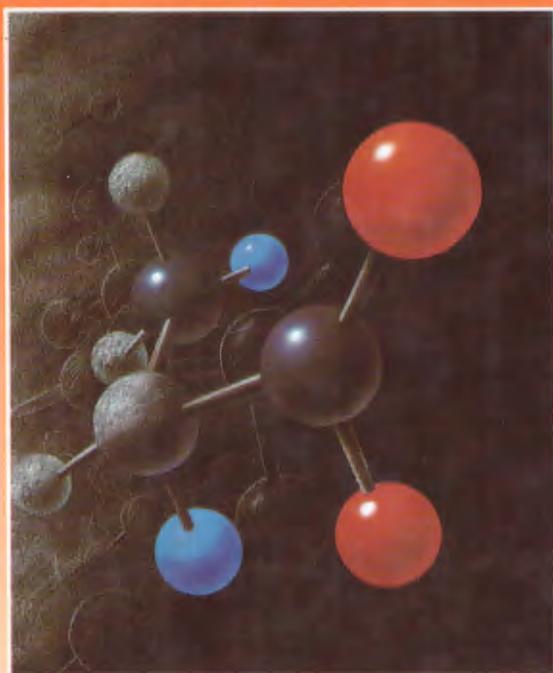
**ACOFI**

ASOCIACION COLOMBIANA  
DE FACULTADES DE INGENIERIA



INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL  
FOMENTO DE LA EDUCACION SUPERIOR

# Actualización y modernización del currículo en INGENIERIA QUIMICA



ACOFI

4

# Actualización y modernización del currículo en **INGENIERIA QUIMICA**

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** № - 0 0 4 4

**PACOF 44**

**ACOFI 24 JUN. 1997**

**Centro de Documentación**

SANTAFE DE BOGOTA, D.C.  
SEPTIEMBRE 1996

PACOF 44 - 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 química.

SANTAFE DE BOGOTA, D.C. SEPTIEMBRE 1996

Serie: Actualización y modernización del currículo en ingenierías

ISBN: 958-680-000-8 Obra completa  
ISBN: 958-680-003-2 Ingeniería química

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

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.*

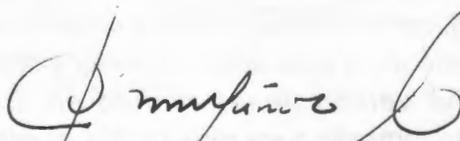
*El Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES, como Institución del Estado comprometida con el mejoramiento de la educación superior y consciente de esta necesidad, ha venido desarrollando en los últimos años actividades de fomento para mejorar los niveles de calidad en los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



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. Definición .....	11
II. Plan mínimo de estudios .....	12
1. Troncalidad .....	12
2. Flexibilidad .....	13
3. Investigación .....	14
III. Consideraciones que se requieren para desarrollar un plan de ingeniería química de calidad .....	15
IV. Prospectiva de desarrollo de la ingeniería química .....	19
V. Recomendaciones .....	22
1. A los programas de ingeniería química .....	22
2. A las instituciones de educación superior .....	23
3. ACOFI .....	23
4. Sector productivo .....	24
5. Estado .....	24
VI. Conclusiones .....	26

## I. Definición

El Consejo de Acreditación para la Ingeniería y la Tecnología (Accreditation Board for Engineering and Technology: ABET) define a la ingeniería como:

*"La profesión en la cual el conocimiento de las matemáticas y las ciencias naturales, adquirido mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se aplica con buen juicio al desarrollo de maneras de utilizar, económicamente, los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad".*

Y según la AICHE (Instituto Americano de Ingenieros Químicos)

*"La ingeniería química trata con las modificaciones de composición, de contenido energético o de estado físico que pueden experimentar las sustancias y de los procesos en que se involucran estas".*

La Ingeniería Química, en el Manual Descriptivo de Carreras de la Educación Superior, se presenta de la manera siguiente: "rama de la ingeniería que se basa en el dominio teórico práctico de los principios físicos y químicos aplicados a la industria" (ICFES, 1977).

Según esto, la ingeniería es una profesión que aplica conocimientos para el beneficio general y la satisfacción de las necesidades humanas, esperándose entonces que un ingeniero posea educación, conocimientos, habilidades y capacidad de asimilar los cambios. ¿Cuál es entonces la misión del ingeniero químico? "El desarrollo de los procesos industriales, transformando cualquier concepción de laboratorio en un proceso de fábrica eficaz".

En un sentido amplio la ingeniería química abarca el desarrollo de procesos químicos, el diseño, montaje y operación de equipos y plantas industriales que registran operaciones y procesos fisico-químicos aplicados a la transformación de materias primas.

La Ley 18 de 1976, "por la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de Ingeniero Químico en el país, reconocida por el Ministerio de Educación Nacional", orienta a los egresados en sus funciones a partir de la normatividad requerida para el reconocimiento de las posibilidades y limitaciones inherentes a toda profesión.

## II. Plan mínimo de estudios

Con base en los documentos generados en el encuentro nacional y en las presentaciones y escritos relacionados con el contexto internacional, a través de sus expertos, y expositores nacionales de los sectores académico y productivo, se reflexionó y deliberó mediante mesas de trabajo para llegar a la siguiente propuesta de plan mínimo de estudios.

Las características de esta propuesta se refieren a:

- Un componente llamado troncalidad que le daría la identidad al programa, y que corresponde a las áreas de ciencias básicas, ciencias de ingeniería, ingeniería concurrente de procesos y gestión industrial.
- Un componente de flexibilidad conformado por las áreas de contextualización, apertura y profundización, de libre elección por parte del estudiante. (antes llamadas electivas socio-humanísticas y electivas técnicas)
- Un componente de investigación integrado por el proyecto de grado y la práctica en la industria (esta última opcional).

### **1. Troncalidad (55% mínimo)**

#### **1.1. Área de ciencias básicas**

Integrada por asignaturas de Matemáticas, Física, Química y Biología, en las cuales se estudian las leyes y principios generales de las ciencias naturales y matemáticas.

#### **1.2. Ciencias de ingeniería**

Conformada por asignaturas de Termodinámica y de Fenómenos de Transporte (esta última puede ser tratada en cursos introductorios de fluidos, transferencia de calor y de masa), que tienen por objeto estudiar las características y propiedades de los sistemas, las leyes termodinámicas y las leyes fenomenológicas y los mecanismos del transporte de momentum, calor y masa.

### **1.3. Ingeniería concurrente de procesos**

Comprende los cursos del núcleo profesional de la Ingeniería Química, que trata con el desarrollo, diseño, construcción y operación de plantas de proceso químico, que incluye los aspectos de diseño conceptual, diseño detallado y análisis, construcción, operación y mantenimiento. Tiene como objetivos principales la integración de todos los factores que concurren en la fase de diseño y/o operación de los procesos de fabricación, la aplicación de teoría de sistemas al estudio de procesos y sus sistemas de control, seguridad y protección ambiental como un todo integrado, tanto desde la perspectiva de desarrollo como de diseño y operación, el uso extensivo de modelos a diverso nivel de agregación, considerando entorno de modelización, bancos de datos de procesos unitarios, modelos de ciclo de vida y modelos de diseño y desarrollo de procesos, lo mismo que el uso extensivo de tecnologías de información (CAPO, CAPE, CIM). Esta área ha incluido convencionalmente los cursos de balances de materia y energía, mecánica de fluidos, manejo de sólidos, transferencia de calor y de masa, diseño de reactores, procesos químicos, diseño de plantas y equipos, control de procesos y las prácticas de operaciones unitarias, planta piloto y control de procesos.

### **1.4. Gestión industrial**

Se ocupa del estudio de la organización, producción y de la evaluación de las inversiones en proyectos industriales. Aquí se incluye economía para ingenieros, administración de empresas y evaluación de proyectos.

## **2. Flexibilidad (10% mínimo)**

Considerando que es necesario flexibilizar los planes de estudio para: promover la formación integral del estudiante en un marco pluralista, aumentar su autonomía y compromiso en la configuración de su proceso de formación, ofrecerle posibilidades de estudio en áreas de prioridad nacional y regional, y promover y aprovechar la coincidencia de intereses y potencialidades de profesores y estudiantes, se plantean a continuación las siguientes áreas:

### **2.1. Contextualización**

En esta área se incluyen asignaturas ofrecidas a todos los estudiantes de la Universidad, orientadas hacia la ubicación de la experiencia personal y universitaria en un contexto histórico, socio-económico, político, técnico cultural, científico, con énfasis en el papel pasado, presente y futuro del conocimiento. Se debe considerar una estrategia de contextualización que incluya los cursos que para ese efecto se programen por parte de la dirección académica de la universidad, semestre a semestre.

### **2.2. Apertura**

Esta surge como respuesta a la necesidad de abrir los planes de estudios para estimular

la heterogeneidad y la versatilidad de los egresados, así como la integración de disciplinas y profesiones. La apertura de un plan de estudios se medirá por el porcentaje de tiempo de docencia presencial que sin pertenecer al núcleo profesional propio, corresponda a: cursos del núcleo profesional o disciplinario de otra carrera; cursos pertenecientes a las líneas de profundización ofrecidas por otra carrera.

### 2.3. Profundización

Corresponde a conjuntos de asignaturas, llamadas líneas de profundización, que sin implicar especialización promuevan la apropiación y aplicación de los conocimientos en un área específica, con miras a que el estudiante adquiera la capacidad de transferir esa experiencia de profundización a otros campos. Es recomendable que las líneas de profundización se ofrezcan en los campos del conocimiento en los cuales la formación o la participación del profesorado en la investigación lo permitan. Tal sería el caso por ejemplo de: Petroquímica y Refinación, Catálisis Heterogénea, Polímeros, Biotecnología, Tecnología Ambiental, Alimentos y Agroindustria, Fuentes Alternas de Energía, Ciencia de los Materiales, etc.

### 3. Investigación (3% mínimo)

Se considera fundamental para la formación integral del estudiante el desarrollo de habilidades para la investigación mediante su vinculación explícita en estas actividades a través de las prácticas profesionales, los trabajos de grado y proyectos de investigación y asesoría a la industria y a la comunidad en general.

Con fundamento en los conceptos precedentes se sugieren los porcentajes mínimos a tener en cuenta para cada una de las áreas constitutivas del plan de estudios básicos del programa de Ingeniería Química:

COMPONENTE	% MINIMO SUGERIDO
<b>TRONCALIDAD</b>	
Area de ciencias básicas	20 %
Ciencias de ingeniería	10 %
Ingeniería concurrente de procesos	20 %
Gestión industrial	5 %
<b>FLEXIBILIDAD</b>	
Contextualización	3 %
Apertura	3 %
Profundización	4 %
<b>INVESTIGACION</b>	
Proyecto de grado	1.5 %
Práctica industrial (opcional)	1.5 %

### III.

## Consideraciones que se requieren para desarrollar un plan de ingeniería química de calidad

En la estructuración de los programas de la carrera de ingeniería química deberán considerarse los siguientes criterios:

- ✓ Relación con el contexto nacional actual y proyectado y con la dinámica de la cultura universal
- ✓ Coherencia conceptual interna
- ✓ Flexibilidad
- ✓ Transición hacia modalidades pedagógicas en las cuales tanto el trabajo del alumno como el trabajo del docente sobre realizaciones del estudiante sean reconocidos como ejes centrales de su formación ("pedagogías intensivas")

Para favorecer la introducción de pedagogías intensivas y estimular mayores posibilidades de trabajo académico autónomo, los planes de estudio procurarán mantener un número bajo de asignaturas y una intensidad horaria reducida de docencia presencial.

En cuanto a la infraestructura básica que se requiere para el desarrollo de prácticas y nuevas pedagogías se plantean las siguientes:

- ✓ Centro de Información Técnica: Biblioteca actualizada, Bases de Datos y Redes de información
- ✓ Salas con equipos de cómputo modernos (salones inteligentes)
- ✓ Software didáctico y actualizado de procesos
- ✓ Equipos a nivel de Laboratorio, de banco y de planta piloto (laboratorios inteligentes, con automatización de procesos para las prácticas)
- ✓ Profesores de tiempo completo altamente capacitados y bien remunerados.

En relación con las estrategias pedagógicas que se deben involucrar en los diferentes componentes del plan de estudios para incentivar en los estudiantes la creatividad y el espíritu investigativo, se considera lo siguiente:

- ✓ Durante el primer semestre (o año), se deberían realizar seminarios de inducción sobre la carrera, dictados por los profesores de Ingeniería Química a grupos pequeños de estudiantes, incluyendo visitas industriales, con la finalidad de darles a conocer los objetivos generales y específicos, alcances y futuro del plan de estudios, con el propósito de motivarlos y que empiecen a saborear los conceptos de proceso químico y de diseño.
- ✓ Durante el desarrollo de cada asignatura de la carrera, el profesor debe introducir actividades que involucren revisión bibliográfica, utilización de redes de información; planteándoles problemas, cerrados o abiertos, para los cuales el estudiante debe aportar soluciones.
- ✓ Eliminación de los manuales de prácticas (guías), permitiéndole a los estudiantes diseñar los programas de las prácticas: planeación, ejecución, procesamiento de la información recolectada y análisis, con la debida asesoría del profesor.
- ✓ En el caso de clases magistrales, deben complementarse con talleres y sesiones de contacto.
- ✓ Promover la formación de grupos de investigación en los cuales se permita la participación de estudiantes de ~~pregrado y posgrado~~.
- ✓ Capacitación del cuerpo docente sobre nuevas pedagogías y su educación continuada en aspectos pedagógicos modernos.
- ✓ Evaluación formativa y nivel de exigencia alto (bilateral).
- ✓ Promover la creatividad y el análisis crítico.
- ✓ Hacer énfasis en el aspecto de expresión oral y escrita.
- ✓ Mayor integración con las ciencias básicas y otras ramas de la Ingeniería.
- ✓ Tutorías adecuadas, acompañadas desde muy temprano en la carrera de técnicas fundamentales de investigación..
- ✓ Buen acceso a información actualizada, con programas de intercambio de experiencias tanto a nivel nacional como internacional.
- ✓ Facilitar las visitas técnicas y las prácticas industriales.
- ✓ Hacer una mayor difusión de los logros de los estudiantes.

- ✓ Fortalecer el sentimiento por la Ingeniería Química y la universidad a todos los niveles.

Es indudable que para poder adelantar con éxito la actualización y modernización del currículo en ingeniería química se requiere de un soporte administrativo no solo de las facultades de Ingeniería, a la que pertenezca la carrera, sino también de la administración central de la Universidad. Por otra parte, para darle un gran impulso a la investigación, en los campos atrás mencionados, es necesario que, además del interés de algunos profesores por sacar adelante proyectos de investigación, se establezcan planes de desarrollo de las Universidades, acordes con las políticas del Gobierno Nacional, mediante las cuales se les dé un verdadero apoyo a los profesores y estudiantes que tengan un firme propósito de hacer investigación.

Las consideraciones para actualizar y modernizar el currículo surgidas de las mesas de trabajo realizadas en los encuentros nacional e internacional son las siguientes:

- ✓ El establecimiento de un compromiso serio por parte de las directivas universitarias de sacar adelante el proceso de Actualización y Modernización del currículo en Ingeniería Química.
- ✓ Los programas de Ingeniería Química deberán ofrecer electivas de contexto y de apertura en otros campos del saber, y líneas de profundización que permitan al estudiante explorar y concatenar otros ambientes académicos dentro de la misma Universidad o profundizar en un área de su interés.
- ✓ El proyecto de grado debe seguirse realizando y debe ser obligatorio dentro del pensum de Ingeniería Química.
- ✓ Se recomienda la realización de prácticas industriales por parte de los profesores y de los estudiantes, pero queda a criterio de cada universidad el hacerlo obligatorio dentro del pensum, sin disminuir los 10 semestres de desarrollo académico en la universidad.
- ✓ Es necesario también modernizar el currículo, impulsando la adquisición, por parte de los estudiantes de habilidades en el manejo de herramientas de actualidad, principalmente en : informática, automatización y control de procesos e ingeniería concurrente de procesos.
- ✓ El egresado del programa de ingeniería química debe tener bases esenciales en otro idioma; particularmente debe salir con bases sólidas por lo menos en el idioma inglés.
- ✓ El ingeniero químico está abocado a responder por la calidad del medio ambiente; por lo tanto debe incorporarse al pensum una asignatura, o grupo de asignaturas, que lo lleven a prepararse en este aspecto.
- ✓ Se recomienda la realización periódica de seminarios sobre temas de interés tanto para estudiantes como para profesores. Algunos tópicos para dichos seminarios

podrían ser: sobre métodos y técnicas de investigación; sobre creatividad; de desarrollo sostenible; seminario permanente sobre políticas y planes de desarrollo tanto regionales como nacionales e internacionales.

- ✓ Establecer programas de intercambio de experiencias tanto a nivel nacional como internacional.
- ✓ Iniciar y desarrollar un proceso de acreditación del programa de ingeniería química, tanto a nivel nacional como internacional.

La ingeniería química tiene su razón de ser dentro del mundo en que vivimos y esa es la manera de acercar la Universidad a la realidad. El estudiante de Ingeniería Química, como los de las otras carreras, está inmerso en una realidad compleja y su misión está relacionada con la transformación de esa realidad; pero antes de aspirar a transformarla con éxito, debe comprenderla. Por lo tanto, debe tomar conciencia de su función social como persona, como ingeniero y como agente de progreso, desarrollo y cambio. Por tanto, se debe impulsar la relación de la universidad con el Sector Productivo, el Sector Público y la Comunidad.

#### IV.

### Prospectiva de desarrollo de la ingeniería química

Como parte de la evaluación de los programas académicos actuales y de las propuestas que se hacen para su actualización, debe tenerse en cuenta que el ingeniero colombiano enfrenta hoy retos que no eran vitales para la humanidad, para la industria y para el usuario. Uno de estos retos lo constituye la protección del medio ambiente, el conocimiento de los efectos que en el ecosistema ocasiona el producto artificial que la industria de procesos lanza al mercado, la conservación de los recursos naturales, en especial el agua natural, los problemas que producen los desechos tóxicos en las aguas residuales y los gases en la calidad de la atmósfera, el factor térmico, los residuos sólidos tanto en la planta como durante el manejo y consumo del producto, el desbaste de la tierra fértil en la búsqueda de las materias primas. Otro reto es la calidad misma del producto ofrecido, su presentación, su uso adecuado. Por otra parte el ingeniero se enfrenta con urgencia a la búsqueda de nuevas fuentes de energía y a la conservación y uso racional de las que actualmente posee.

Otros retos, tan importantes como los anteriores, serían en la parte operativa, la eficiencia del proceso, todo lo que esto significa en costos, volumen de producción, economía de materia prima, recirculación, mercado, automatización, para hacer que la industria sea altamente competitiva y rentable ante el mercado extranjero que se está presentando con la política de libre comercio y el bajo precio de los productos importados dado, entre otros factores, por la producción masiva y con alta tecnología.

La aceleración en la generación de conocimientos científicos y tecnológicos, y el grado de interdependencia económica entre las naciones ha llegado a tales niveles que ningún país puede tomar decisiones económicas desconociendo el impacto que tiene el desarrollo de nuevas tecnologías en la evolución de los términos de intercambio comercial, el crecimiento económico y el nivel de bienestar de su población. Con una mayor celeridad en el futuro, la creación científica y el desarrollo de tecnologías basadas en la aplicación casi inmediata de estos conocimientos, hará efímeras las ventajas económicas derivadas de los recursos naturales. No se puede desconocer que las investigaciones que hoy se realizan sobre nuevos materiales tendrán impactos negativos sobre nuestra economía en una escala superior. El avance científico ha posibilitado el remplazo de materiales naturales por sintéticos. Son elocuentes la sustitución del caucho natural por caucho sintético, el remplazo de la madera y materiales metálicos por plásticos y cerámicos, y el desplazamiento de fibras naturales por sintéticas. La investigación científica y tecnológica no solo ha neutralizado estos recursos naturales, sino que ha creado otros y aún puede

hacer desaparecer las ventajas geográficas y climáticas que le han permitido a los países en desarrollo participar con productos primarios en el concierto de la economía mundial.

En el contexto de una economía abierta, el desarrollo económico de los países depende en buena medida del grado de madurez de su aparato productivo y de los esfuerzos que se hagan para ganar ventajas comparativas en el intercambio comercial y para mantener competitivo el sistema productivo. Esta capacidad de competencia es sólo una cara del problema, pues hay que tener presente su relación íntima con la capacidad científica y tecnológica, que es en última instancia la fuerza motriz de un país para desencadenar los procesos de asimilación e innovación tecnológica y una manifestación del nivel de competencia de las personas que protagonizan la producción económica y las actividades creadoras.

En cuanto a las implicaciones que se prevee tendrá la apertura económica sobre los perfiles académicos de los ingenieros químicos se pueden destacar las siguientes:

- ✓ La corriente de transformaciones que se vienen presentando en la industria química y las que se presentarán con los nuevos desarrollos científicos y tecnológicos, tales como la automatización, los procesos en pequeños lotes, innovaciones rápidas por la corta vida de los productos y/o procesos, la aplicación de las biotransformaciones que se dan utilizando células o microorganismos, el diseño casi a nivel molecular de nuevos materiales como catalizadores, materiales para circuitos y dispositivos electrónicos, cerámicas superconductoras, fibra óptica y materiales poliméricos, tendrán un fuerte impacto en los conocimientos y habilidades que el ingeniero químico deberá ser capaz de manejar.
- ✓ Para familiarizar al futuro ingeniero químico con la naturaleza de los problemas que deberá encarar con las nuevas tecnologías, paralelamente con los ejemplos que muestran la aplicación convencional de los conceptos de la ingeniería química, deben ilustrarse también aplicaciones de las tecnologías emergentes.
- ✓ En la fase de reconversión industrial se requieren los nuevos conocimientos y una gran capacidad de aprendizaje por parte del ingeniero químico, que le permita desarrollar habilidades para negociar, asimilar, adaptar, e inclusive modificar, las tecnologías modernas que se introducirán a través de la importación de equipos, licencias de uso de patentes, asistencia técnica y otras formas de transferencia tecnológica y de desarrollo autóctono.
- ✓ Hace falta una mayor integración de los cursos que conforman el núcleo profesional de la carrera. Para la innovación tecnológica se requiere de una amplia base de conocimientos integrados. Dicha innovación debe consolidarse de forma integrada en los planes de formación de los ingenieros químicos, evitando repeticiones y enfoques parciales.

Para la integración del conocimiento se requiere la aportación de la ingeniería concurrente considerando su aplicación al desarrollo, diseño y operación de procesos químicos.

En cuanto a los enfoques integradores del conocimiento se tiene lo siguiente:

- Ingeniería concurrente

"Integración de todos los factores que concurren en la fase de diseño y/o operación de los procesos de fabricación"

- Ingeniería de Sistemas de Proceso

"Aplicación de teoría de sistemas al estudio de procesos y sus sistemas de control, seguridad y protección ambiental como un todo integrado, tanto desde la perspectiva de desarrollo como de diseño y operación"

Uso extensivo de modelos a diverso nivel de agregación

- Entorno de Modelización, Bancos de Datos de Procesos Unitarios
- Modelos de Ciclo de Vida
- Modelos de Desarrollo y Diseño de Procesos
- Uso extensivo de Tecnologías de Información



## V. Recomendaciones

Atendiendo la política del Gobierno, en lo que respecta al logro de un avance significativo en el mejoramiento de la calidad de los programas de educación superior, y con el objeto de actualizar y modernizar los currículos de ingeniería química de las universidades que ofrecen dicho programa en el país, se formulan las siguientes recomendaciones:

### 1. A los programas de ingeniería química

- ✓ Sacar adelante el proceso de actualización y modernización del currículo de ingeniería química, teniendo en cuenta las políticas y estrategias que para este propósito tengan las universidades respectivas, la asesoría ofrecida por ICFES, ACOFI y el Consejo Profesional de Ingeniería Química de Colombia, y los planteamientos hechos al respecto en el presente documento.
- ✓ Autoevaluación permanente del currículo y de las pedagogías utilizadas.
- ✓ Reducción o reagrupación del número de asignaturas, con base en la máxima integración posible de los contenidos, que permita conservar la identidad del programa en un tronco común, y al mismo tiempo la flexibilización del mismo.
- ✓ Inclusión del componente investigativo que canalice de manera sincrónica la sensibilidad, significado e integración dentro de las ciencias básicas, del conocimiento y dominio de las tecnologías propias de la ingeniería química.
- ✓ Formación humanística del ingeniero químico para afrontar los nuevos paradigmas con sentido ético, compromiso y solidaridad, y que le permita destacarse por su desenvolvimiento social y humano.
- ✓ Modernización de la docencia mediante el aprovechamiento de las nuevas tecnologías de la telemática, la computación y los multimedios para atender más y mejor la creciente demanda.
- ✓ Fortalecimiento del sistema de información y documentación.
- ✓ Impulso a la participación en los sectores social y productivo.

- ✓ Desarrollo de los postgrados

## **2. A las instituciones de educación superior**

- ✓ La formulación de políticas y estrategias para fomentar niveles más altos de calidad en el quehacer académico.
- ✓ Promover la producción, circulación y transferencia de conocimientos de manera que un mayor número de profesores, investigadores y estudiantes se beneficien con los adelantos que se consigan.
- ✓ Procurar mejorar los indicadores de gestión para la obtención de mayores recursos y lograr un uso más eficiente de ellos.
- ✓ Acercar más el desarrollo de la educación superior a las realidades y a los esfuerzos del sector productivo, de las instituciones, del sector social y de los otros niveles de la educación.
- ✓ Crear o fortalecer las oficinas de interacción comunicativa con el sector productivo, la comunidad y con los Organismos estatales encargados de coordinar y ejecutar las políticas de desarrollo del Gobierno para el mejoramiento de la calidad y cobertura de la educación superior en Colombia, ICFES, ICETEX, COLCIENCIAS.
- ✓ Impulsar planes de desarrollo a corto y mediano plazo, haciendo partícipes a los diferentes estamentos universitarios en su formulación y desarrollo.
- ✓ Introducir en los procesos de gestión elementos modernos de gerencia empresarial y social.

## **3. A ACOFI**

- ✓ A la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI, se le recomienda continuar trabajando con el mismo ánimo en la misión que se ha propuesto de propender por el mejoramiento de la calidad de los procesos de enseñanza-aprendizaje de los programas de ingeniería en Colombia, con la colaboración del ICFES.
- ✓ Continuar la asesoría a los programas de ingeniería química del país, para que se pueda sacar adelante la actualización y modernización curricular, haciendo énfasis en la importancia de los modelos pedagógicos y la acreditación nacional e internacional de los programas.

#### **4. Al sector productivo**

Se debe reunir el mundo de la Industria con el mundo de la Universidad, mediante una interacción comunicativa más eficaz, con el convencimiento pleno que dicha relación traería beneficios mutuos. Si a la Universidad se le recomienda la creación de una oficina de interacción con la Industria; a la Industria se le recomienda la preparación e implementación de un programa de cooperación con la universidad, que puede estar compuesto por los siguientes elementos:

- ✓ Centralización en un funcionario de alto nivel dentro de la respectiva empresa, de las labores relacionadas con la cooperación con la universidad.
- ✓ Formalizar planes de prácticas industriales durante los períodos académicos y durante las vacaciones, teniendo en cuenta la demanda presentada por los programas de ingeniería química.
- ✓ Permitir y apoyar la realización de proyectos de grado y tesis de postgrado que traten de resolver algunos de los problemas ingenieriles en los procesos químicos que manejen.
- ✓ Solicitar a la universidad cursos de reciclaje y actualización para sus ingenieros y personal técnico.
- ✓ Solicitar a la universidad la realización de servicios de laboratorio y de asesoría, y propiciar la formulación y desarrollo de proyectos conjuntos de Investigación.

#### **5. Al Estado**

Al Estado se le recomienda fundamentalmente la asignación de recursos suficientes para que, sobre todo las universidades estatales, puedan sacar adelante el proyecto de actualizar y modernizar sus planes de estudio. También, que se establezcan unas reglas claras, en lo que tiene que ver con los indicadores de gestión, para que la distribución de los recursos sea equitativa, y promueva el esfuerzo por parte de las universidades de ponerse realmente a tono con los nuevos modelos de desarrollo. Que el ICFES continúe con su tarea de fomentar la cooperación nacional e internacional entre las instituciones de educación superior. Que COLCIENCIAS incremente los recursos asignados a la financiación de proyectos de investigación relacionados con el avance de la ingeniería química, y que los trámites para su aprobación sean mucho más ágiles. Al ICETEX incrementar los créditos educativos.

Debe realizarse un esfuerzo concertado entre los sectores público y privado orientado a diseñar estrategias tecnológicas, productivas, comerciales y de infraestructura conjuntas, que permitan aumentar y utilizar eficientemente los recursos productivos y generar ventajas comparativas sostenibles. Los actores principales en la formulación de un Acuerdo Sectorial de Competitividad, en relación con la industria de los procesos

químicos, serían los empresarios representantes del sector de la industria química, del gobierno a través del Consejo Nacional de Competitividad, los institutos de investigación y desarrollo tecnológico y los programas de ingeniería química. ACOFI, el ICFES, el Consejo Profesional de Ingeniería Química de Colombia y la Sociedad Colombiana de Ingeniería Química, serían los organismos naturales de concertación y representación de los sectores académico-investigativo, estatal profesional e industrial del país.

Conclusiones



## **VI. Conclusiones**

- ✓ La ingeniería química está enfrentada con problemas desafiantes que requieren soluciones originales a corto y a mediano plazo.
- ✓ Se requiere la identificación de las necesidades y los problemas presentes y futuros de la industria química nacional y nuestra sociedad en general, para que los esfuerzos de formación de ingenieros químicos, en las universidades colombianas, sean canalizados en el planteamiento y resolución de problemas que tiendan a mejorar el entorno social y la calidad de vida en el país. Esta debe ser una tarea compartida y articulada entre el gobierno, las universidades, centros de investigación y el sector productivo, para determinar los temas, tipos y alcances de la actividad investigativa según los intereses nacionales.
- ✓ La formación profesional debe orientarse hacia el análisis, síntesis, simulación y diseño de procesos químicos, soportados en una profunda fundamentación científica y en principios económicos. Es importante reforzar la formación vivencial humanística, de valores éticos, para humanizar a los estudiantes y convertirlos en ciudadanos de bien.
- ✓ Debe incrementarse la capacidad de gestión empresarial de nuestro propio desarrollo científico-tecnológico mediante la conformación de grupos de investigación interdisciplinarios.

1400

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



**ACOFI**

ASOCIACION COLOMBIANA  
DE FACULTADES DE INGENIERIA

