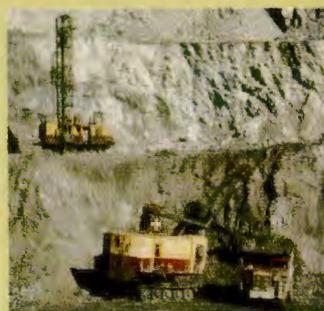


Actualización y modernización del currículo en CIENCIAS DE LA TIERRA



Ingeniería de Minas
Ingeniería Geológica y Geología
Ingeniería de Petróleos
Ingeniería Metalúrgica y Materiales

Actualización y modernización del currículo en **CIENCIAS DE LA TIERRA**

TECNOLOGÍA Y GEOLOGÍA

1. Introducción

2. Evolución de la tecnología y la geología

3. Impacto social de la tecnología y la geología

4. Aspectos éticos de la tecnología y la geología

5. El rol de la tecnología y la geología en el desarrollo sostenible

6. El rol de la tecnología y la geología en la gestión de riesgos

7. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del agua

8. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del suelo

9. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del medio ambiente

10. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del patrimonio cultural

11. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del patrimonio natural

12. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del patrimonio histórico

13. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del patrimonio científico

14. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del patrimonio artístico

15. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del patrimonio lingüístico

16. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del patrimonio gastronómico

17. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del patrimonio folclórico

18. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del patrimonio deportivo

19. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del patrimonio turístico

20. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del patrimonio inmobiliario

21. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del patrimonio financiero

22. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del patrimonio intelectual

23. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del patrimonio humano

24. El rol de la tecnología y la geología en la gestión del patrimonio global

Ingeniería de Minas
 Ingeniería Geológica y Geología
 Ingeniería de Petróleos
 Ingeniería Metalúrgica y Materiales



Instituto Colombiano para el Fomento de
la Educación Superior - ICFES
Subdirección General Técnica y de Fomento
Calle 17 No. 3-40 A.A. 6319
Teléfonos: 2819311 - 2435129 - 2834027
Fax: 2845309 Santa Fé de Bogotá, D.C.

Asociación Colombiana de
Facultades de Ingeniería - ACOFI
Cra. 50 No. 27-70 Edificios Camilo Torres,
Bloque C Of. 7-301-303-401-404
A.A. 59285 Teléfono: 2215438
Fax: 2218826 Santa Fé de Bogotá, D.C.

Director General del ICFES
Subdirector General Técnico y de Fomento

Dr. Luis Carlos Muñoz Uribe
Dra. Mónica Ibarra Rosero

Presidente de ACOFI
Vicepresidente de ACOFI

Dr. Jorge Ignacio Vélez Múnera
Dr. Iván Ramos Calderón

Director Ejecutivo de ACOFI

Dr. Jaime Salazar Contreras

Coordinadores de Proyecto

Dr. Ricardo Martínez Rozo ICFES
Dr. Orlando Medina ICFES
Dr. Jaime Salazar Contreras ACOFI
Profesor Titular Universidad Nacional

Esta publicación fué editada siendo Director General del ICFES la Dra. Patricia del Pilar Martínez Barrios y Subdirectora General Técnica la Dra. Patricia Asmar Amador.

El texto fué elaborado con base en la Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra en mayo de 1998.

ISBN: 958-680-028-8

Santa Fé de Bogotá, diciembre 4 de 1998.

Diseño y edición: ALMUDENA EDITORES
A.A. 86939 Teléfonos: 4316536, (033) 3516091. Santa Fé de Bogotá, Colombia

Impreso: CARGRAPHICS S.A. - Impresión Digital

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN	3
INTRODUCCIÓN	5
ACTUALIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CURRÍCULO EN INGENIERÍA GEOLÓGICA Y GEOLOGÍA	13
1. Antecedentes	15
2. Principales características de la Ingeniería Geológica en Colombia	16
3. Tendencias en la formación de ingenieros geólogos y geólogos en el país	21
3.1. Necesidades en el país	21
3.2. Desarrollos tecnológicos recientes	22
3.3. Desarrollo científico	23
3.4. Multidisciplinariedad	23
3.5. Trabajo de campo	23
3.6. Conclusiones	23
4. Plan básico de estudios	24
4.1. Definición	24
4.2. Títulos a que conduce	24
4.3. Duración	24
4.4. Perfil profesional	25
4.5. Plan mínimo de estudios	25
4.6. Recursos específicos	27
4.7. Estrategias metodológicas	28
4.8. Soporte administrativo	29
5. Estrategias para actualizar y modernizar el currículo	29
5.1. Papel de las universidades	29
5.2. Flexibilidad del plan de estudios	30
5.3. La investigación y la educación continuada	30
6. Relaciones y estrategias de la universidad	31
7. Recomendaciones	32
7.1. A programas académicos:	32
7.2. A universidades:	33
7.3. A ACOFI:	33
7.4. Al sector productivo:	33
7.5. Al Estado:	33
ACTUALIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CURRÍCULO EN INGENIERÍA METALÚRGICA Y DE MATERIALES	35
1. Antecedentes	37
2. Principales características de la Ingeniería Metalúrgica y de Materiales en Colombia	37
2.1. Planes de estudio	38
2.2. Profesores	40
2.3. Investigación	40

2.4. La extensión universitaria	41
2.5. Relación con la industria y con la comunidad	41
3. Tendencias en la formación de los ingenieros de Metalurgia y Materiales	42
4. Plan básico de estudios en el programa de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales	45
4.1. Definición de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales	45
4.2. Objeto de estudio de la profesión	45
4.3. Perfil ocupacional	46
4.4. Título a que conduce	46
4.5. Duración	46
4.6. Perfil Profesional	46
4.7. Plan mínimo de estudios con sus áreas básicas	47
4.8. Recursos específicos	49
4.9. Soporte administrativo e investigativo	51
5. Estrategias para actualizar y modernizar el currículo	52
5.1. El papel de la universidad	52
5.2. La flexibilidad del plan de estudios	52
5.3. La formación básica y la formación como ingeniero	53
5.4. La formación en aspectos de la carrera	54
5.5. Los modelos pedagógicos	54
5.6. La investigación y la educación continuada	55
6. Relaciones y estrategias de la universidad	57
7. Recomendaciones a:	58
7.1. Programas de Ingeniería Metalúrgica y Materiales	58
7.2. Instituciones de educación superior	60
7.3. ACOFI	60
7.4. Sector productivo	60
7.5. Estado	61

ACTUALIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CURRÍCULO EN INGENIERÍA DE MINAS

1. Antecedentes	65
2. Principales características de la Ingeniería de Minas en Colombia	66
3. Tendencias en la formación de ingenieros de Minas en Colombia	67
4. La Ingeniería de Minas en Colombia	68
5. Plan básico de estudios en el programa de Ingeniería de Minas en Colombia	69
5.1. Definición	69
5.2. Título al que conduce	69
5.3. Duración del programa	69
5.4. Perfil profesional	70
5.5. Perfil ocupacional	70
5.6. Plan mínimo de estudios	71
6. Recursos específicos	73
7. Estrategias para actualizar y modernizar el currículo	74
8. Relaciones y estrategias de la universidad	75
9. Recomendaciones a:	76
9.1. Los programas de Ingeniería de Minas	76

9.2. Las instituciones de educación superior	77
9.3. ACOFI	78
9.4. La Industria (sector productivo)	79
9.5. El Estado	79
9.6. Las Agremiaciones	80

ACTUALIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CURRÍCULO EN INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

1. Antecedentes	85
2. Principales características de la Ingeniería de Petróleos en Colombia	86
3. Tendencias en la formación de ingenieros de petróleo en Colombia	95
4. Plan básico de estudios en el programa de Ingeniería de Petróleos	100
4.1. Definición	100
4.2. Título que se Otorga	100
4.3. Duración	100
4.4. Perfil de Personalidad	101
4.5. Perfil Prospectivo	102
4.6. Plan Mínimo de Estudios con sus Áreas Básicas y sus Objetivos	102
4.7. Recursos específicos	106
4.8. Soporte administrativo e investigativo	108
5. Estrategias para actualizar y modernizar el currículo	110
6. Relaciones y estrategias de la universidad	112
6.1. Relación de la universidad con el sector productivo	113
6.2. Relación de la universidad con el sector público	115
6.3. Relación de la universidad con la comunidad	117
7. Recomendaciones a:	118
7.1. Los programas de ingeniería de petróleo	118
7.2. Las instituciones de educación superior	119
7.3. ACOFI	120
7.4. El Sector productivo	120
7.5. El Estado	121
7.6. El CPIP y ACIPET	121
8. Conclusiones	122
Asistentes al Seminario Nacional para la Actualización y Modernización de la Currícula en Ingeniería Aplicada a las Ciencias de la Tierra	124



PRESENTACIÓN

Los nuevos modelos económicos basados en la globalización del conocimiento y el libre mercado, hace que los países adopten sistemas competitivos que les permita mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, su sistema educativo, e invirtiendo en su formación y su capacidad profesional. El tercer milenio esta por comenzar y se hace necesario actualizar los currículos de las ingenierías de una manera crítica para que los ingenieros que hoy se están formando puedan enfrentar los cambios del siglo venidero con competencia técnica, ética y compromiso con el desarrollo sostenible.

Teniendo en cuenta el entorno anterior, la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, -ACOFI- y el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior -ICFES-, emprendieron la labor de desarrollar un proyecto que cumpliera como propósito motivar a las Facultades de Ingeniería a la reflexión y al análisis de sus programas para llevar a cabo la actualización y modernización de los currículos en ingeniería.

Este proyecto se inició en 1995 con los programas de ingeniería Civil, Eléctrica / Electrónica, Química, Industrial y Mecánica y en el año 1996 se discutió el área de Ingeniería de Sistemas, quien en la fecha cuenta con el mayor número de programas en el país.

En el año de 1998 se continuaron las discusiones relacionadas con los programas de ingeniería en Ciencias de la Tierra, y fue así como en el mes de Mayo de 1998 se desarrolló la actividad de actualización curricular para ingenierías de Petróleos, ingeniería de Minas, ingeniería Geológica y Geología, e ingeniería Metalúrgica y de Materiales. Producto de ello se esta presentando a la comunidad académica esta publicación sobre Actualización y Modernización Curricular en las Ingenierías relacionadas con Ciencias de la Tierra.

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"*.

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 permanentemente de los diferentes sectores de la ingeniería colombiana.

Para concretar en acciones los propósitos declarados inicialmente, se seleccionaron las ingenierías civil, eléctrica y electrónica, industrial y química, identificadas como dinamizadoras dentro de la estructura 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 procesos 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 seminarios-talleres en donde participaron instituciones de educación superior, privadas y públicas, el Estado, el sector productivo y los expertos en el tema.

Como resultado de los debates 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, 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 conocer las propuestas y materializar las conclusiones de los eventos.

Se continuó en 1996 con el proyecto abordando el tema de Ingeniería de Sistemas y en 1998 con la Actualización y Modernización de la ingenierías relacionadas con Ciencias de la Tierra: Ingeniería de Minas, Geológica y Geología, Metalúrgica y Materiales y Petróleos.

El presente documento dirigido al área de Ciencias de la Tierra contiene en un solo libro las ingenierías anteriormente descritas y en general presenta 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 Institu-

ciones 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 indican las principales características particulares 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 resultando del trabajo de la mesa 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 presentan la definición de cada ingeniería, título que otorga, duración, perfil profesional, 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.

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. Extenderemos 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 a éste quehacer, el cual sin duda, redundará en la mejor calidad de los programas de ingeniería en Colombia.

ACTUALIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CURRÍCULO EN INGENIERÍA GEOLÓGICA Y GEOLOGÍA

Documento Final

1. Antecedentes

Los nuevos modelos económicos como la apertura y el libre mercado hacen necesario la aceleración del desarrollo tecnológico del país. Es indudable que dicho desarrollo debe apoyarse en un avance paralelo de la ingeniería, conjunto de disciplinas estrechamente relacionadas con el avance científico y tecnológico.

Para responder al desafío que consiste en formar ingenieros con un bagaje adecuado para enfrentar ese rápido crecimiento del conocimiento y de sus aplicaciones, el ICFES (Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior) y ACOFI (Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería) han decidido desarrollar el proyecto "Actualización y modernización de los Currícula en Ingeniería con Aplicación a las Ciencias de la Tierra".

Dicho proyecto incluye las siguientes áreas:

- Ingeniería Geológica
- Ingeniería de Petróleos
- Ingeniería de Minas y Metalurgia

Se enmarca dentro de un programa iniciado en 1995 que cubre la totalidad de las áreas de las ingenierías en el país bajo el nombre de "Actualización y Modernización de los Currículas en Ingeniería", cuyo resultado ha sido la publicación de varios folletos relacionados con ese tema (Ingenierías Civil, Eléctrica y Electrónica, Industrial, Química y de Sistemas).

La metodología seguida para la redacción del programa consiste en convocar reuniones especializadas en las que a partir de documentos preparados previamente por expertos se intercambian por parte de los participantes, provenientes de los sectores académico, productivo y gobierno, experiencias e innovaciones que son luego analizadas, redactadas y difundidas.

En el caso de las ingenierías relacionadas con las Ciencias de la Tierra, la convocatoria se realizó a principios de 1998 y la reunión de intercambio se llevó a cabo en Piedecuesta, en la sede del Instituto Colombiano del Petróleo, durante los días 7 y 8 de mayo de 1998.

2. Principales características de la Ingeniería Geológica en Colombia

El primer programa académico universitario de Ingeniería Geológica se fundó en la entonces llamada Facultad Nacional de Minas en Medellín, en 1942: consideraciones del mercado de profesionales que tuvieron en ese entonces los fundadores les hicieron crear una carrera doble: Ingeniería de Geología y Petróleos. Esa profesión doble duró hasta 1973, fecha en la que empezaron a ofrecerse los programas de Ingeniería de Geología y de Petróleos por separado.

Por otra parte la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en su sede de Sogamoso, también creó el programa de Ingeniería Geológica en 1980. Finalmente la Escuela de Ingeniería de Antioquia creó el mismo programa en Envigado en 1982.

Esos son los tres programas que existen en la actualidad en el país. Hasta la fecha los graduados matriculados en el Consejo Profesional de Ingeniería están en el cuadro No 1.

CUADRO No. 1

INGENIEROS GEÓLOGOS MATRICULADOS

UNIVERSIDAD

Universidad de Antioquia	1
Escuela de Ingeniería de Antioquia	53
Universidad Nacional de Medellín	197
TOTAL	251

Por otra parte se han desarrollado en Colombia carreras de Geología en las siguientes universidades:

- Universidad Nacional, Bogotá, 1956
- Universidad Industrial de Santander, 1982
- Universidad EAFIT, 1983
- Universidad de Caldas, 1983
- Universidad Nacional, Medellín, 1992 (ya cerrada)

Dentro de la actual situación de las Ciencias de la Tierra en Colombia, hay entonces que notar la existencias de dos carreras: la Ingeniería

Geológica (3 programas) y la Geología (4 programas) que gradúan respectivamente ingenieros geólogos y geólogos.

Sin tratar de investigar a fondo ese hecho, vale la pena considerar su origen en forma resumida:

1. Creación de la carrera de Ingeniería de Geología y Petróleos en Facultad de Minas en 1941, transformada en 1973 en las de Ingeniería Geológica e Ingeniería de Petróleos.
2. Creación en 1956, en la Universidad Nacional en Bogotá, de la carrera de Geología y Geofísica, actualmente carrera de Geología administrada por el departamento del mismo nombre.
3. Aprobación en 1974 de la Ley 9a. que reglamenta la carrera del geólogo.
4. Creación de la carrera de Ingeniería de Geología en UPTC en Sogamoso en (1980)
5. Creación de las carreras de geología de la UIS, U EAFIT, U de Caldas, U. Nacional Sede de Medellín (1982-1983). Creación de la Carrera de Ingeniería de Geología en la Escuela de Ingeniería de Antioquia (1982).

¿Porqué esa dicotomía tan notoria ?

En el caso de la Facultad de Minas de Medellín, la selección del título era clara por la tradición. En el caso de la Universidad Nacional de Bogotá la orientación fue inicialmente geología y geofísica, lo que posteriormente no se pudo sostener. En dicha carrera se generó la preparación de la Ley 9a. de 1974.

En el caso de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, la selección de ingeniería debió corresponder a alguna causa definida que no es conocida en este momento.

Las carreras de la Universidad Industrial de Santander, Universidad de Caldas y Universidad EAFIT se orientaron hacia la geología dentro de la interpretación práctica de la Ley 9a. de 1974.

La Escuela Antioqueña de Ingeniería decidió volver a crear los antiguos programas de la Escuela de Minas de Medellín.

En las causas de la selección hay evidentemente consideraciones de tipo profesional y gremial pero también motivaciones personales que no es del caso intentar conocer en este trabajo.

Si se busca una diferenciación firme entre los dos programas se encuentran dificultades. Las siguientes definiciones, extraídas de Bates & Jackson (1980) dejan percibir la dificultad:

Engineering Geology (literalmente geología para ingeniería). La geología aplicada a la práctica Ingenieril, especialmente a la ingeniería civil y la de minas.

Definición por la Association of Engineering Geologists (1969) (citada en Bates & Jackson, 1980).

"La aplicación de la información, técnicas y principios geológicos al estudio de los materiales de rocas y de suelos de origen natural o las aguas subterráneas con el fin de que los factores geológicos que afectan la localización, la planificación, el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento de estructuras ingenieriles y el desarrollo de recursos de aguas subterráneas sean adecuadamente reconocidas, interpretadas, utilizadas y presentadas para su uso en la práctica ingenieril".

Applied geology (Geología aplicada) (Bates & Jackson, 1980):

"La aplicación de varios campos de la geología los problemas ambientales, de suministro de aguas, de ingeniería y económicas. La geología relacionada con la actividad humana".

Economic Geology (Geología Económica) (Bates & Jackson, 1980):

"El estudio y el análisis de los cuerpos y materiales geológicos que pueden ser utilizados provechosamente por el hombre, incluyendo combustibles, metales, minerales no metálicos y agua. La aplicación del conocimiento y la teoría geológica a la búsqueda y entendimiento de los depósitos minerales".

Environmental Geology (Geología ambiental) (Bates & Jackson, 1980):

La aplicación del conocimiento y de los principios geológicos a problemas creados por la ocupación y explotación por el hombre del entorno físico. Incluyen estudios de hidrogeología, topografía, ingeniería geológica y geología económica y tiene que ver con los procesos y recursos de la tierra y las propiedades ingenieriles de los materiales terrestres.

Incluye los problemas relacionados con la construcción de edificios y de vías de transporte, la disposición segura de residuos sólidos y líquidos, la gestión de recursos hídricos, la evaluación y la cartografía de recursos de rocas y minerales y la planificación física a largo plazo y el desarrollo del uso de la tierra más eficiente y más benéfico".

Sin embargo la posición de un autor como Mathewson (1981) revela varios aspectos interesantes: (prefacio, p.ii).

"The engineering geologist is a geologist who is also trained in the basics of engineering. The professional must know and understand geologic processes as they affect engineering works. Unlike the science of geology, where incorrect interpretations may be part of the advancement of the science, the engineering geologist's interpretation often has a direct impact on human life and property. In short, the engineering geologist is a geoscientist denied the scientific privilege of being wrong because an error can lead to the loss of life or property for which the courts may find the professional liable".

"El geólogo ingenieril es un geólogo que también ha recibido entrenamiento en las bases de la ingeniería. Ese profesional debe conocer y entender los procesos geológicos pues afectan los trabajos de Ingeniería. Contrariamente a la ciencia de la geología, donde las interpretaciones incorrectas pueden ser parte del avance de la ciencia, la interpretación del geólogo ingenieril tiene a menudo un impacto directo sobre la vida humana y la propiedad. En breve, el geólogo ingenieril es un geocientífico a quien se le ha denegado el privilegio de equivocarse porque un error puede producir la pérdida de vidas humanas y de bienes, pérdida ante la cual los tribunales pueden declarar al profesional culpable".

Este mismo autor retoma las mismas ideas más adelante (cap. 1, p. 3):

"El geólogo ingenieril es un geólogo totalmente competente, versado en la teoría y práctica básicas de la ingeniería, que es consciente de los sistemas naturales complejos que interactúan para producir el entorno natural... A diferencia del geólogo, al geólogo ingenieril le ha sido negado el privilegio de estar equivocado porque un error puede producir pérdida de vida o de bienes por lo cual los tribunales lo pueden declarar culpable".

Estos dos extractos merecen algún comentario porque ilustran situaciones que se viven en Colombia en la actualidad.

En primer lugar la traducción de "engineering geologist" por geólogo ingenieril no es la apropiada, pero si es literal; el énfasis del genitivo sajón es claro: el sustantivo más importante es el último: *geologist*. Aceptando que una mejor traducción sería geólogo de ingeniería o aún ingeniero geólogo, debe recalcar el orden de importancia, que por cierto queda ratificada al leer la primera frase:

"El ingeniero geólogo es un geólogo que también ha recibido entrenamiento en las bases de la ingeniería."

El segundo aspecto es también interesante y hace ver que ciertos conceptos que se ventilaron en la conferencia de Piedecuesta están bien arraigados en ciertos profesionales americanos: el único que asume la responsabilidad de ejercer una profesión es el engineering geologist.

El geólogo o geocientífico se dedica a la investigación y por lo tanto no corre el riesgo de ser traducido ante un tribunal por sus errores. Ese concepto, que seguramente dista mucho de recoger la aprobación unánime de los geólogos americanos, no corresponde en absoluto a nuestra realidad colombiana: sólo una mínima fracción de los geólogos colombianos se dedica a la investigación más o menos pura. La gran mayoría se gana el pan diario aplicando sus conocimientos a la solución de problemas que son exactamente los mismos que los que definen Bates & Jackson (1980)... para geología ambiental o los que plantea la Universidad Nacional, Sede Medellín (1998) en su ponencia al Seminario del ICP.

La Ley 9ª de 1974 da un buen ejemplo (ya incompleto, visto con una perspectiva de casi un cuarto de siglo) de las actividades del geólogo:

LEY 9ª. DE 1974 (Septiembre 30)

"Por la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de Geólogo y se dictan otras disposiciones".

(Extracto)

Artículo 7º. Son funciones propias del profesional de la Geología:

- a. Estudiar, proyectar, planear, especificar, dirigir, fiscalizar, contar, inspeccionar, supervigilar, ejecutar y evaluar obras materiales que se sigan por la ciencia o la técnica de la Geología, y aprobar y recibir tales obras;
- b. Operar, dirigir, vigilar y atender el buen funcionamiento de las mismas obras, administrarlas y revisarlas;
- c. Realizar cualquier actividad conexas con una de las anteriormente enumeradas;
- d. Dirigir, supervisar o efectuar labores cuyo resultado final sea un documento técnico y de carácter geológico;

- e. Especificar, seleccionar, o escoger materiales, equipos, métodos o ensayos necesarios para la ejecución de obras, instalaciones y procesos inherentes a la profesión objeto de la presente Ley;
- f. Dictaminar pericialmente en materias de su incumbencia;
- g. Asesorar a los organismos oficiales competentes en la inspección de la calidad de los trabajos que les sean presentados;
- h. Solicitar en su propio nombre o en el de otros, concesiones para minerales, rocas, industriales, hidrocarburos, cuerpos radioactivos, y demás recursos naturales no renovables;
- i. Desempeñar cargos de consejeros y delegados en misiones o comisiones que se designen para representar al país en reuniones internacionales destinadas a estudiar, comentar, regular y dirigir las actividades científicas, académicas, industriales y técnicas relacionadas con la Geología.

En conclusión, las carreras de ingeniería de geología y de geología tienen más similitudes que diferencias pues comparten una sólida formación de sus profesionales en el conocimiento geológico.

No se trata en ningún momento de negar tradiciones o preferencias ni de suspirar por una homogenización de los pensum del país: al contrario, parece mucho más enriquecedora la diversidad actual y sus aportes por medio del diálogo.

El problema es de escogencia: en cinco años, ¿cómo formar profesionales aptos para resolver los problemas del país en el campo de las geociencias aplicadas? El que determinadas escuelas privilegien ciertas orientaciones o materias no debe ser motivo de preocupación si se preserva la calidad de los programas.

3. Tendencias en la formación de ingenieros geólogos y geólogos en el país

3.1. Necesidades en el país

A pesar de que la situación de orden público imponga por ahora serias restricciones sobre el trabajo de campo, existen tanto áreas tradicionales de actividad que deben intensificarse como otras que se han desarrollado en los últimos años.

Entre las tradicionales se cuentan:



- La cartografía geológica, con un cubrimiento aún insuficiente del territorio nacional.
- La prospección y explotación de recursos minerales (metálicos y no metálicos, aguas subterráneas) y energéticos (hidrocarburos, carbón, nucleares, geotérmicos).
- La aplicación de las ciencias de la tierra a los proyectos de ingeniería (obras civiles puntuales, lineales, etc.).

Entre las actividades más recientes deben mencionarse:

- La aplicación de las ciencias de la tierra a la solución de problemas ambientales locales (urbanos particularmente), regionales y mundiales.
- La importancia de las geociencias en la predicción, prevención y mitigación de amenazas de origen natural (inundaciones y avenidas torrenciales, erosión superficial, movimientos en masa, procesos costeros, volcanismo, sismicidad).
- La participación de las geociencias en los procesos de planeación a todo nivel, incluyendo el proceso de ordenamiento territorial y determinación del geopotencial.

3.2. Desarrollos tecnológicos recientes

El campo de las aplicaciones de las ciencias de la tierra ha ido ampliándose con el tiempo pero también ha debido integrar una serie de nuevas tecnologías desarrolladas en los últimos años:

- Computadores y sus aplicaciones. Se dispone ahora tanto de computadores personales muy eficientes como de una multitud de programas para gran cantidad de usos.
- Sensores remotos; a las tradicionales fotos aéreas hay que agregar ahora las imágenes de satélite, tanto multiespectrales como de radar, cuyo tratamiento digital permite ampliar considerablemente la cantidad y calidad de la información obtenida por medio de la teledetección.
- Sistemas de información geográfica que permiten un manejo de la información mucho más eficaz que con los métodos tradicionales.
- Mejoramiento e innovaciones tecnológicas en equipos de análisis químico, físico, mineralógico. Aunque muchos de esos equipos aún no existen en el país, se puede tener acceso a esos servicios en el

exterior y han permitido resolver problemas antes considerados insolubles.

3.3. Desarrollo científico

Es importante mencionar que la producción de información en el campo de las ciencias de la tierra ha seguido un aumento acelerado. También han mejorado notablemente los sistemas de consulta, tanto tradicionales como electrónicos. Eso plantea el desafío de mantenerse informado, una meta cada vez más difícil pese a las facilidades ofrecidas por la tecnología moderna.

Todo lo anterior significa que el profesional de las ciencias de la tierra debe recibir una sólida formación básica, pero que si no adquiere el hábito de actualizarse permanentemente en conocimiento y metodologías, en pocos años buena parte de lo que aprendió en la universidad se habrá vuelto obsoleto.

3.4. Multidisciplinariedad

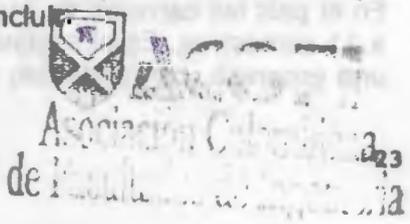
Muchos de los trabajos que se desarrollan hoy en día para solucionar problemas reales son llevados a cabo por grupos de profesionales con formaciones diferentes. Es por lo tanto importante, dentro de la formación del profesional de las Ciencias de la Tierra, incluir el hábito de análisis y de discusión en grupos multidisciplinarios. Aunque es importante que el profesional tenga algunas bases en disciplinas paralelas, es evidente que no las puede dominar todas con profundidad suficiente y que por lo tanto sea indispensable adquirir el hábito de trabajo de grupo.

3.5. Trabajo de campo

No sobra recalcar que pese a los grandes progresos científicos y tecnológicos realizados en las ciencias de la tierra, la fuente indispensable de información para cualquier trabajo es el campo. Es por lo tanto inescapable que el profesional que va a ejercer su actividad en geología reciba un entrenamiento cuidadoso y metódico sobre la manera de llevar a cabo su trabajo de campo, pues no existe ningún sustituto para esa actividad.

3.6. Conclusiones

Recapitulando lo anterior y teniendo en cuenta el perfil profesional para las Ciencias de la Tierra, se puede concluir que las tendencias que deben seguirse en su formación deben incluir



- Versatilidad en cuanto a su adaptación a las necesidades del país en el campo de las geociencias.
- Capacidad para adquirir en forma permanente conocimientos nuevos tanto tecnológicos como científicos.
- Capacidad para trabajo en grupos multidisciplinarios
- Formación básica y disponibilidad para trabajo de campo.

4. Plan básico de estudios

4.1. Definición

El ingeniero geólogo es un profesional que con base en conocimientos geológicos adecuados debe poder desempeñarse en:

Adquisición, análisis e interpretación de información en las ciencias de la tierra, particularmente en geología, geomorfología, y geotecnia (teledetección, trabajo de campo, uso de SIG, análisis e interpretación).

Prospección y explotación racional de recursos minerales y energéticos, incluyendo aguas subterráneas (esto incluye lo que tradicionalmente se ha llamado geología económica o de yacimientos, geología del petróleo, hidrogeología, geotermia, etc.).

Determinación de las características y restricciones que ofrece el entorno natural para su ocupación. Esto incluye la geotecnia de suelos y rocas y la geología ambiental en cuanto a prevención y mitigación de amenazas y riesgos naturales, la participación en los procesos de planeación física ambiental y de ordenamiento territorial.

Es de anotar que la totalidad de esas actividades también son llevadas a cabo por profesionales con el título de geólogos bajo el nombre de geología aplicada.

4.2. Títulos a que conduce

Ingeniero (A) Geólogo (A) y Geólogo (A)

4.3. Duración

En el país las carreras de Ingeniería Geológica y Geología duran de 10 a 11 semestres. En el segundo caso existe un semestre de práctica en una empresa, con el debido seguimiento por parte de la universidad.

4.4. Perfil profesional

El perfil profesional está dado en 4.1

4.5. Plan mínimo de estudios

Los participantes al seminario reunido en Piedecuesta en Mayo de 1998 sugirieron para el pensum de ingeniería de geología los siguientes porcentajes en cuanto a tiempo de dedicación:

INGENIERÍA GEOLÓGICA (porcentaje mínimo)

Ciencias básicas	25%
Básicas de Ingeniería	20%
Áreas profesionales	35%
Económico-administrativa	5%
Socio-humanística	10%
Flexible	15%

GEOLOGÍA (porcentaje mínimo)

Ciencias básicas	20%
Básicas de Ingeniería	10%
Áreas profesionales	35%
Económico-administrativa	5%
Socio-humanística	10%
Flexible	15%

Hubo un consenso acerca de que el programa debía ser integral y diurno, recalcando la importancia del trabajo de campo.

Las diferentes áreas puede describirse en forma resumida como sigue:

A. Ciencias básicas:

entendidas como la aplicación de los principios y fundamentos de la matemática, la física, la química y la biología.

B. Básicas de Ingeniería :

son las aplicaciones de las ciencias básicas, incluyendo expresiones gráficas, orales, escritas y computación. Incluye: dibujo, topografía, termodinámica, resistencia de materiales, entre otras.

C. Aplicación profesional:

corresponde a la actividad y desarrollo de la formación profesional.

Subárea de Geología :

- Geología física
- Mineralogía
- Petrología
- Geología estructural
- Depósitos minerales
- Estratigrafía
- Paleontología
- Geomorfología
- Teledetección
- Geofísica
- Geoquímica
- Geología de campo (etc.)

Sub área de Ingeniería Geológica:

- Mecánica de suelos
- Mecánica de rocas
- Geotecnia
- Cartografía geotécnica
- Hidrogeología
- Geología ambiental (etc.)

Las áreas de aplicación profesional deben ser respaldadas por trabajos de campo (prácticas, salidas cortas, excursiones). También se contemplan líneas de profundización (flexibles) que por medio de un conjunto de asignaturas que sin implicar especialización promuevan la apropiación y aplicación del conocimiento en un área específica, inculcando en el estudiante el espíritu investigativo. Se considera que su culminación se expresa por medio del proyecto dirigido de grado.

D. Socio-Humanística :

Debe permitirle al estudiante inscribir su experiencia personal en el contexto histórico, socio económico, político, cultural, técnico y científico. La información humanística no sólo surge de esta área sino que debe proceder de todo el programa curricular, cuyas actividades complementarias abren espacios y mecanismos que permitan, así como el ejemplo de los profesores, la formación integral del estudiante.

E. Económico-administrativa :

Es un área que permite integrar los procesos productivos dentro del contexto de la rentabilidad, de la gestión y de la eficiencia de los recursos físicos y humanos.

4.6. Recursos específicos

4.6.1. Profesores

El profesorado es un recurso fundamental para cada programa académico. Algunos recomiendan 4 profesores de tiempo completo por cada 50 estudiantes, con una formación a nivel de doctorado para el 80% y el resto a nivel de maestría. Estas son cifras tentativas y dependen naturalmente del grado de compromiso de los docentes con el programa académico y de su dedicación a la investigación.

También es recomendable emplear algún porcentaje de profesores de cátedra con experiencia, que pueden enriquecer el conocimiento ofrecido a los estudiantes.

4.6.2. Recursos físicos mínimos

Biblioteca

Se debe contar con una biblioteca bien dotada en libros recientes y en revistas especializadas.

Comunicación

Se debe contar con acceso a Internet por parte de profesores y estudiantes.

Facilidades de cómputo

Se debe contar con disponibilidad de equipos equivalentes mínimo a 3,5 horas/semana por estudiante.

Laboratorios y colecciones

- Laboratorios de Ciencias Básicas
- Laboratorios de Mineralogía, Petrografía, Paleontología, Geomática
- Teledetección, (SIG), y laboratorios especializados (aguas, suelos, rocas, etc.), así como dotación para trabajo de campo (martillo, brújulas, etc.).

Facilidades de transporte

Se debe contar con disponibilidad de transporte con el fin de atender el trabajo de campo.

4.7. Estrategias metodológicas

Se señalan a continuación algunas estrategias recomendables:

- Fomentar la capacidad analítica por medio de discusiones (el trabajo de campo se presta muy ventajosamente para ese tipo de intercambio).
- Entrenar al estudiante para que sea capaz de reunir, sintetizar y expresar sus ideas por escrito (trabajo semestral) y oralmente (presentación en forma clara y correcta). Este entrenamiento debe culminar con la preparación del trabajo dirigido de grado.
- En cada materia debe señalársele al estudiante el grado de conocimiento alcanzado a nivel internacional y en el país, las metodologías correspondientes a la aplicación de esos conocimientos y los temas de investigación más importantes para el país en cada campo.
- Enseñar al estudiante a buscar y manejar información y darle pautas para realizar un proceso de investigación, lo cual no significa de ninguna manera querer transformarlo en un investigador en 10 semestres; sino darle a conocer la importancia de la generación, la evolución y difusión de los conocimientos.
- Facilitar al estudiante la consulta de revistas y las revisiones bibliográficas; la falta de conocimiento de lo logrado en cualquier campo en el país o en otros países puede significar dedicarle tiempo, recursos y esfuerzos a la solución de problemas que ya han sido resueltos.
- Introducir al estudiante a la preparación de proyectos en todos sus aspectos: bibliográfico, justificación, objetivos, métodos, análisis de resultados, tiempo y recursos necesarios tanto humanos como materiales.
- Involucrar estudiantes en el programa de jóvenes investigadores de COLCIENCIAS.
- Estimular entre los estudiantes el gusto por la docencia por medio de monitorías, etc.
- Vincular a los estudiantes a la realización de eventos técnico-científicos.

- Fomentar la vinculación de los estudiantes a las sociedades científicas
- Invitar a los mejores estudiantes a ser partícipes en los cursos de postgrado.
- Fomentar el aprendizaje completo del idioma inglés.

4.8. Soporte administrativo

Los directivos y profesores deberán limitar su dedicación a la administración a lo que en el sentido estricto no puede delegar. Eso no significa que no deban preocuparse para lograr una buena gestión de sus respectivos proyectos.

La necesidad en la que se ven envueltos ciertos departamentos de generar sus propios recursos por medio de consultoría no parece ser conveniente ni para el profesorado (aunque a veces derive beneficios personales de esa situación) ni para los estudiantes.

5. Estrategias para actualizar y modernizar el currículo

5.1. Papel de las universidades

Las universidades por medio de sus departamentos académicos y otras entidades como comités de carrera, claustros de profesores y otros entes internos y externos pueden participar de varias maneras en la actualización y modernización del currículo.

Sin embargo, antes de empezar a discutir ese proceso debe recordarse que el currículo es simplemente una lista de materias y de actividades. Más importante, tal vez, que el currículum "per se", es el contenido de las materias, la actualización de su bibliografía, el grado de compromiso del profesor con la enseñanza y la investigación, la exigencia a los estudiantes, la evaluación que a nivel internacional tengan los diferentes temas.

La actualización del currículo debe partir de varias consideraciones:

- Conversaciones y encuestas con los usuarios del producto (los empleadores) y los egresados.
- Comparación con programas internacionales equivalentes.
- Necesidad de revisiones y auto-evaluaciones periódicas que permitan medir los progresos (retrocesos) ocurridos.

- La introducción al país de metodologías y técnicas modernas que obliguen a la revisión. De paso hay que señalar que ojalá fuera la universidad el vehículo de dichas innovaciones.
- Los resultados obtenidos en proyectos de investigación locales.
- Los cambios ocurridos en las leyes y reglamentaciones (por ejemplo, no se puede ignorar el impacto sobre las ciencias de la tierra de la Ley de Reforma Urbana, de la del Ambiente y de la de Ordenamiento Territorial).

5.2. Flexibilidad del plan de estudios

En muchas universidades funciona ya ese programa bajo diferentes modalidades:

- Introducción de materias electivas que puede ser tomadas dentro o fuera del respectivo departamento.
- Posibilidad de diseño de materias nuevas llamadas dirigidas, en las que, con base en un programa previamente elaborado y aceptado, el estudiante adquiere por su cuenta conocimientos seleccionados por el profesor en un campo determinado, rinde los respectivos exámenes y presenta los trabajos correspondientes.
- Posibilidad de tener materias "investigativas" con participación del estudiante en un programa de investigación en desarrollo.
- Posibilidad de tomar una o varias materias en otras universidades.

5.3. La investigación y la educación continuada

Las Ciencias de la Tierra están entre las menos activas de las disciplinas técnico-científicas del país en cuanto a la generación de investigación, particularmente los programas de ingeniería geológica.

El fomento que significan los incrementos salariales por producción investigativa y la concesión de tiempo para la investigación no han sido aparentemente suficientes para desarrollar esa actividad en ese campo.

Se da el caso de departamentos académicos que resultan llamando investigación lo que corresponde realmente a consultoría. Para el desarrollo en el país de las Ciencias de la Tierra es importante que empiece a darse una verdadera investigación, que además de sus beneficios académicos reportaría muchas ventajas adicionales en la formación de los estudiantes de pre y de post grado.

La educación continuada significa una actualización permanente de quien la imparte. Su desarrollo en el país, como respuesta a un plan de desarrollo general del sector, sería de gran importancia.

6. Relaciones y estrategias de la universidad con el sector productivo, el sector público y la comunidad

El país se ha planteado muy seriamente este tema, tal como lo demuestra la actual organización de COLCIENCIAS como entidad adscrita al Departamento Nacional de Planeación y gobernada por una serie de consejos sectoriales donde participan los tres estamentos:

- investigadores (académicos o no)
- industria
- gobierno

Ese esquema puede repetirse, a una escala más especializada, en un comité sectorial como es el comité de Ciencias de la Tierra, reinaugurado recientemente, con una composición representativa similar (Hermelin et al., 1998).

La ventaja de ese tipo de organizaciones es que permiten además un encuentro periódico de los diferentes representantes de las comunidades académicas del país. Se espera que contribuya realmente a una mejoría en el estado de las ciencias de la tierra.

Reuniones como la organizada en el ICP en Piedecuesta en Mayo pasado, demuestran la utilidad de ese Intercambio, que también debería tener lugar con motivo de encuentros nacionales como los Congresos de Geología, de Minería, de Petróleos, etc.

Otra forma de contacto es por medio de los egresados, que están generalmente dispuestos a ayudar a su alma mater.

La firma de convenios que cubran aspectos específicos de actividades conjuntas entre universidades y entidades oficiales y privadas, si no se quedan en el nivel formal, puede ser también de gran ayuda.

Finalmente, el desarrollo de programas de postgrado que incluyan investigación realizada in situ, o sea dentro del mismo instituto o empresa de donde procede el estudiante, debería también dar excelentes resultados.

7. Recomendaciones

7.1. A programas académicos:

- Participar decididamente en los procesos de autoevaluación y acreditación.
- Adoptar los porcentajes mínimos descritos en el numeral 4.5. para todos los programas de ingeniería geológica y de geología.
- Diseñar y buscar financiación para proyectos de investigación.
- Desarrollar programas de postgrado, si es del caso en forma cooperativa, entre varias universidades nacionales o internacionales.
- Reclutar profesores con nivel de Ph.D. y elevar el nivel académico de los profesores actuales.
- Fomentar la realización de eventos técnico-científicos y la publicación de artículos en revistas nacionales e internacionales.
- Reforzar las colecciones, de libros y revistas científicas de las bibliotecas.
- Asimilar nuevas tecnologías.
- Facilitar el ingreso al sistema internet de todos los profesores y estudiantes.
- Actualizar los programas de las materias.
- Rediseñar los programas (pénsumes) para que las carreras terminen en el tiempo previsto.
- Fomentar el hábito del trabajo semestral en cada materia, debidamente revisado y corregido.
- Aumentar los contactos con otros departamentos y universidades del país y del exterior y con el sector productivo.
- Fortalecer los capítulos de la Sociedad Colombiana de Geología.
- Estimular a los estudiantes destacados con pasantías, premios, becas, etc.
- Participar en la elaboración del Plan Estratégico para el desarrollo de las Ciencias de la Tierra.

7.2. A universidades:

(ver 6.1).

7.3. A ACOFI:

- Colaborar en el proceso de acercamiento entre las carreras de Ingeniería Geológica y Geología, con el fin de lograr, para beneficio mutuo, la armonía y la comprensión favorables para la cooperación.
- Considerar la necesidad de un tratamiento conjunto para los programas de Ingeniería de Geología y de Geología.
- Apoyar la reactivación del Comité de Ciencias de la Tierra.

7.4. Al sector productivo:

Ver 6.

7.5. Al Estado:

COLCIENCIAS

- Financiar la reactivación del Comité de Ciencias de la Tierra que funcionó de 1978 a 1981.
- Agilizar los trámites para estudio y eventual financiación de proyectos de investigación.
- Fomentar la participación de todos los departamentos de Ciencias de la Tierra en las convocatorias para grupos de investigación.
- Priorizar la financiación de proyectos, el nombramiento de investigadores jóvenes y el otorgamiento de becas para estudios de doctorado en el exterior para los grupos de Investigación de Ciencias de la Tierra.
- Apoyar la financiación de Congresos Nacionales de Ciencias de la Tierra.
- Apoyar la financiación de una revista científica nacional en el área.
- Apoyar el financiamiento de la Sociedad Colombiana de Geología.

ECOPETROL, ICP, INGEOMINAS, IDEAM e IGAC

Deberían intercambiar información entre sí y con los departamentos de Ciencias de la Tierra del país, además participar en las reuniones del

Comité de Ciencias de la Tierra y en la elaboración de los planes estratégicos. Deben dar a conocer sus necesidades en cuanto a formación de profesionales y a programas de post grado. Deberían asumir parte de los costos de las investigaciones, particularmente las realizadas en los programas de maestría y doctorado.

Cooperar en el proceso de acercamiento entre las ciencias de la Tierra y las Ciencias Biológicas, en particular en el área de la paleontología y la geología.

Cooperar en el desarrollo de un programa de posgrado en geología y ciencias de la Tierra.

Cooperar en el desarrollo de un programa de posgrado en geología y ciencias de la Tierra.

Cooperar en el desarrollo de un programa de posgrado en geología y ciencias de la Tierra.

Cooperar en el desarrollo de un programa de posgrado en geología y ciencias de la Tierra.

Cooperar en el desarrollo de un programa de posgrado en geología y ciencias de la Tierra.

Cooperar en el desarrollo de un programa de posgrado en geología y ciencias de la Tierra.

Cooperar en el desarrollo de un programa de posgrado en geología y ciencias de la Tierra.

Cooperar en el desarrollo de un programa de posgrado en geología y ciencias de la Tierra.

Cooperar en el desarrollo de un programa de posgrado en geología y ciencias de la Tierra.

Cooperar en el desarrollo de un programa de posgrado en geología y ciencias de la Tierra.

Cooperar en el desarrollo de un programa de posgrado en geología y ciencias de la Tierra.

Cooperar en el desarrollo de un programa de posgrado en geología y ciencias de la Tierra.

Cooperar en el desarrollo de un programa de posgrado en geología y ciencias de la Tierra.

Cooperar en el desarrollo de un programa de posgrado en geología y ciencias de la Tierra.

Cooperar en el desarrollo de un programa de posgrado en geología y ciencias de la Tierra.

Cooperar en el desarrollo de un programa de posgrado en geología y ciencias de la Tierra.

BIBLIOGRAFÍA

BATES, R.L. y JACKSON, J.A, Eds., 1980. Glossary of Geology. AGI, Falls Church, VA.

FACULTAD DE MINAS, UNIVERSIDAD NACIONAL, MEDELLÍN. 1998 Ingeniería Geológica, Reunión ICP.

HERMELIN, M., Lozano, J. y Espinosa, A., 1998. Diagnóstico sobre las Ciencias de la Tierra en Colombia. Documento preliminar, COLCIENCIAS, Bogotá.

MENDOZA, J.E., 1998. Carta a J. Salazar, ref . "Observaciones sobre el documento de discusión relacionado con ingeniería geológica".

MATHEWSON CC, 1981. Engineering geology. C.E. Merril Publishing Co, Columbus.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, 1974. Ley 9A de 1974. Boletín Informativo, Consejo Profesional de Geología, Bogotá, p.11 - 16.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLÍN, 1998. Prospectiva Tecnológica en Ingeniería geológica. Ponencia para el Seminario Nacional para la Actualización y Modernización de la Curricula en Ingeniería aplicada a las Ciencias de la Tierra. Bucaramanga, ICP.

Documento Final



ACTUALIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CURRÍCULO EN INGENIERÍA METALÚRGICA Y DE MATERIALES

Documento Final

Proyecto de Actualización y Modernización del Currículo de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales del Cerec



1. Antecedentes

La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) junto con el Instituto Colombiano para la Educación superior (ICFES), conscientes de la problemática que aqueja en los últimos años a los programas de ingeniería en nuestro país, han querido contribuir a la detección de dichos problemas y a la puesta en marcha de algunos correctivos. Con este fin, ACOFI, con el apoyo del ICFES, se ha puesto la tarea de crear espacios de discusión en donde se traten temas relacionados con la metodología de enseñanza, las tendencias en la formación de los ingenieros, los planes académicos, la relación universidad-industria y la investigación y educación continuada, entre otros.

Uno de los objetivos primordiales es que a través de la interiorización de la problemática propia, cada uno de los programas se proponga adoptar los modernos esquemas universitarios con el fin de que la educación superior recupere por lo menos el proyecto de la modernidad, esto es, el de formar profesionales que no terminen de aprender jamás, investigadores, recursivos, estudiosos, críticos permanentes de lo que se ha venido haciendo, para reinventarlo si fuese necesario; todo esto dentro de una realidad regional, nacional y universal.

En el pasado mes de mayo del presente año, se celebró en el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP-Bucaramanga) el «Seminario Nacional para la Actualización y Modernización de los currícula en Ingeniería aplicada a las Ciencias de la Tierra», organizado por ACOFI y el ICFES. A dicho seminario asistieron representantes de los programas de Ingeniería de Petróleos, Ingeniería Geológica, Geología, Ingeniería de Minas y Metalurgia e Ingeniería Metalúrgica y de Materiales, de distintas universidades del país, así como representantes de institutos y gremios relacionados con las ciencias de la tierra. En dicho encuentro se compartieron ideas y experiencias y se llegó a la redacción de un documento en el cual se analizan los diversos aspectos que comprenden la actualización y modernización del currículum de cada uno de los programas.

En el presente documento se amplía un poco más la información consignada en el primer documento y se aportan algunas ideas al proceso de Actualización y Modernización del Currículo en Ingeniería Metalúrgica y de Materiales.

2. Principales características de la Ingeniería Metalúrgica y de Materiales en Colombia

Con la apertura económica y con la necesidad a nivel mundial de reemplazar los materiales convencionales por nuevos y más eficientes materiales, las escuelas de ingeniería metalúrgica han entrado, en la

última década, en el replanteamiento de sus programas a través de una reforma de sus actividades administrativas, académicas e investigativas.

Se puede afirmar que el advenimiento del siglo XXI, el cual ha traído consigo la necesidad imperiosa de desarrollar nuevos y mejores materiales, ha generado una ola de cambio, que ha producido una evolución natural de la ingeniería metalúrgica hacia la ingeniería Metalúrgica y de Materiales. Esto no quiere decir, que los programas de metalurgia en nuestro país estén buscando un cambio brusco hacia los denominados "nuevos materiales" (semiconductores, superconductores, etc.), sino más bien hacia nuevos materiales que se adapten a nuestra realidad y a nuestras necesidades; materiales fabricados a través de nuevos procedimientos, o materiales cuyas propiedades han sido ampliamente mejoradas a través de nuevos diseños, tratamientos mecánicos, térmicos o superficiales.

A continuación se describen algunos aspectos relevantes de los actuales programas de Metalurgia y Materiales.

2.1. Planes de estudio

La dinámica en que han entrado las diferentes escuelas de Ingeniería Metalúrgica se caracteriza por diferentes acciones, entre las cuales se encuentra la actualización de sus planes de estudio y con ella el nombre del programa que ofrecen. Por una parte, algunas escuelas, pensado en ampliar las posibilidades y en cubrir el gran espectro de necesidades en cuanto a nuevos materiales, han permitido que el programa de "ingeniería metalúrgica" se convierta en un programa de "Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales"; otras escuelas han decidido dejar como vigente el programa de ingeniería Metalurgia y otras escuelas han pensado, simplemente, en terminar con el programa de ingeniería Metalúrgica para dar paso a un único programa que han denominado "Ingeniería de materiales" y, finalmente, otras universidades, a través de sus facultades de ingeniería, se han dado a la tarea de crear directamente, donde nunca hubo un programa de Metalurgia, un programa de "Ingeniería de Materiales". A pesar de la poca unificación en cuanto al nombre del programa, las características de los nuevos planes de estudio son similares.

Al analizar estos planes de estudio, se puede decir, en términos generales, que la distribución por áreas es la siguiente:

- Ciencias básicas : 27 - 30%
- Básicas de Ingeniería : 24 - 26%
- Aplicación de ingeniería : 25 - 35%
- Socio-humanísticas : 7 - 15%
- Asignaturas electivas : 4 - 5%

Un análisis de los últimos cambios introducidos a los planes de estudio, junto con un análisis global de los aspectos más importantes del programa de metalurgia y materiales, deja ver una preocupación creciente por hacer efectiva la interdisciplinariedad y la flexibilidad. Se ha buscado disminuir la cantidad de horas del ciclo profesional, así como la carga horaria presencial de los estudiantes.

Estos cambios conllevarán las siguientes mejoras:

- Mayores oportunidades de que el futuro ingeniero se relacione de manera más activa y directa con temas relacionados con la problemática social, política y económica regional, nacional y mundial.
- Mayor tiempo para la utilización de medios de computación para la solución rápida y eficiente de algunos problemas.
- Mayor tiempo para desarrollar habilidades de comunicación escrita y oral. En este punto se plantea la idea de profundizar no solamente la lengua materna sino el explorar y habituarse al uso de un segundo idioma de comunicación universal.
- Mayor conocimiento de herramientas importantes como la estadística.
- Mayor conocimiento de los sistemas de aseguramiento de la calidad.
- Generación de mayores aptitudes de liderazgo.

Todas estas inquietudes se enmarcan dentro de uno de los principios orientadores de la reforma académica, que es el dar cumplimiento a una verdadera "formación integral" de los estudiantes. Esto es la formación de un ciudadano, profesional excelente y versátil, culto, estéticamente formado, desarrollado física y mentalmente y preocupado por el medio ambiente.



2.2. Profesores

Existe una tendencia generalizada a que todos los docentes posean como mínimo un título de maestría. Adicionalmente, se requiere que ellos posean cada vez más una mejor preparación, no solo en temas relacionados con el contenido profesionalizante, sino también en la metodología de la enseñanza y del aprendizaje que conlleva a una mejor preparación del estudiante.

La nuevas exigencias en investigación y en el fortalecimiento de dicha actividad investigativa, han creado la necesidad de formación y capacitación de investigadores, que para que sea efectiva debe ir de la mano con un compromiso institucional.

Por otra parte, a pesar de que el acceso de estudiantes a los programas de metalurgia y materiales no es muy alto (35-40 por semestre), se requiere aumentar la plantilla de docentes, cuyo promedio es de 15 profesores de tiempo completo y alrededor de 5 profesores de hora cátedra. Este número de docentes se debería incrementar ya que actividades como la investigación y la de extensión universitaria se están viendo limitadas por la alta carga horaria que los profesores dedican al proceso de docencia directa.

Los profesores están dedicando un promedio de 25 horas semanales a la preparación de clases, docencia directa y consulta a estudiantes, lo cual impide dedicar suficiente tiempo a una investigación seria y al contacto directo con la industria.

2.3. Investigación

Los diferentes programas de metalurgia y materiales ven sustentadas sus líneas de investigación en los programas de postgrado. Las características de esta investigación dependen fuertemente de las necesidades regionales y de la trayectoria ya existente de investigación en áreas específicas, cuyo sello ha sido impuesto por los docentes que han salido a especializarse en el exterior en dichos temas.

Sin embargo, la nueva orientación de la actividad investigativa hacia la búsqueda de soluciones en el campo de los nuevos materiales y hacia el fortalecimiento de las líneas de investigación ya existentes, propone una interrelación más estrecha entre las ciencias básicas y las ciencias aplicadas, lo cual ha conllevado al inicio de la formación de grupos interdisciplinarios.

Estos grupos interdisciplinarios normalmente están conformados por docentes con capacitación a nivel de maestría y doctorado, y forman parte de ellos ingenieros Metalúrgicos, químicos, civiles, mecánicos,

así como físicos, químicos y médicos. Estos últimos debido a que la investigación en materiales ha tomado en algunos sitios (especialmente la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín) un giro hacia los biomateriales.

Las líneas de investigación existentes en el momento están relacionadas con temas como la corrosión, el procesamiento de nuevas aleaciones por fundición, estudios de los procesos de solidificación, la recuperación y concentración de minerales, los biomateriales, los cerámicos, fibras ópticas, procesamiento de materiales por plasma, entre otras.

Otro aspecto que vale la pena mencionar, es que actualmente la mayoría de escuelas de metalurgia y materiales poseen programas de postgrado en ingeniería metalúrgica, pero es su voluntad crear programas de postgrado en materiales y, en un futuro próximo, programas de doctorado.

2.4. La extensión universitaria

La mayoría de programas se caracteriza por su actividad continua impartiendo cursos, diplomados, seminarios y congresos que cuentan con la participación de expertos nacionales e internacionales; todo esto permite una proyección de las escuelas hacia la comunidad que genera también un intercambio con el sector industrial, tan necesario y tan difícil de lograr a lo largo de los todos los tiempos.

2.5. Relación con la industria y con la comunidad

Se ha detectado que aun queda mucho por hacer en el tema de la relación Universidad-Industria-Comunidad. Externamente no se tiene la conciencia del potencial de desarrollo que la universidad posee y puede proyectar a través de sus programas y existe una falta de información generalizada a cerca del perfil ocupacional del ingeniero metalúrgico y de materiales. Se ha detectado que las características de interrelación universidad-empresa son función creciente, pero aun incipiente de la industrialización de la región.

Hace falta, por parte de cada programa, una divulgación masiva de los campos de acción del futuro ingeniero, de las áreas en las cuales el programa puede convertirse en un apoyo real para los problemas de la industria y la comunidad, no solo con la prestación de servicios directos, sino con el apoyo de la investigación aplicada a la solución de problemas y con la participación por parte de estudiantes y profesores en algunas pasantías industriales.

En todo esto, desde luego que es muy importante la credibilidad y el apoyo de la industria y la comunidad en la universidad, la cual siempre

deberá tener como derrotero la calidad en todos los aspectos que maneja.

3. Tendencias en la formación de los ingenieros de Metalurgia y Materiales en Colombia

El desarrollo de la ingeniería metalúrgica en el país, se ha fundamentado en la necesidad de la industria nacional (siderúrgica, metalmecánica, de minas y de petróleos) de contar con profesionales que apoyen los avances de la tecnología y sean los gestores de una verdadera innovación industrial.

La experiencia lograda en el campo docente, investigativo e industrial, durante tantos años de trabajo, se ha visto reflejada en la vinculación activa y permanente de los ingenieros metalúrgicos a la comunidad académica, científica e industrial, tanto a nivel nacional como internacional y en la participación en el establecimiento y fortalecimiento de convenios con la industria y con otras instituciones nacionales e internacionales.

Las Escuelas de Ingeniería Metalúrgica han acumulado gran experiencia en el campo de la extracción, el procesamiento y la caracterización de minerales, así como en los procesos de fabricación y evaluación de un sin número de piezas y partes que comúnmente eran fabricadas de diversos metales. Esto hace que el aporte que han dado al desarrollo de país sea evidente.

Algunos ejemplos de las contribuciones realizadas en el campo metalúrgico son: el manejo y tratamiento de minerales, las investigaciones en procesos de extracción y refinación de metales preciosos, el desarrollo de procesos de adaptabilidad de metales con fines industriales, la adecuación de procesos de conformado de metales, la caracterización y búsqueda de utilización de aleaciones, especialmente de aceros, el control de corrosión y otras características físicas y mecánicas de los materiales, las investigaciones para disminuir las contaminaciones de los procesos metalúrgicos al medio ambiente, el estudio del deterioro y falla de los materiales, entre otras.

A pesar de la labor realizada, la necesidad planteada en esa última década del desarrollo de nuevas materias primas y de su tratamiento por métodos no convencionales, ha generado un giro importante en las actividades de las industrias metalmecánica y de procesos hacia el conocimiento y desarrollo de nuevos materiales (polímeros, cerámicos y compuestos) y hacia la aplicación de nuevos procesos en la fabricación de estos nuevos materiales, que poco a poco y en algunos campos de aplicación irán desplazando a los metales convencionales. Este fe-

nómeno ha obligado a replantear los programas de Metalurgia y sus actividades académicas, administrativas y de investigación.

De esta manera, las Escuelas de Ingeniería Metalurgia, conscientes de la importancia del conocimiento y desarrollo de nuevos materiales y ante la necesidad de crear una infraestructura científica y tecnológica acorde con las políticas de desarrollo del país, han iniciado trabajos en campos del conocimiento de nuevos materiales y están dirigiendo sus fuerzas hacia la identificación de necesidades de la industria nacional.

Es así como se han generado planes de desarrollo que permiten la renovación de las actividades académicas y administrativas y la preparación de docentes e investigadores en temas de actualidad en el campo de los materiales. De igual forma se está trabajando en la propuesta de creación de especializaciones, maestrías y doctorados en el área de la Ciencia e Ingeniería de Materiales.

Los nuevos enfoques han hecho que las Escuelas entren en la dinámica de la reforma curricular y, como parte de ésta, se está dando un cambio del nombre de los programas que ofrecen. Por un lado, unas escuelas conservan como nombre de su programa el de Ingeniería Metalurgia, otras han cambiado a Ingeniería Metalurgia y de Materiales y finalmente en otras universidades, simplemente han creado el programa de Ingeniería de Materiales.

A pesar de esto se observa que, independientemente del nombre de los programas, todas las escuelas están concentrando sus esfuerzos en la formación de ingenieros que, en el campo profesional, tengan un vasto conocimiento en las nuevas tecnologías de fabricación y caracterización de nuevos materiales, de tal forma que las variaciones en el pensum de los diferentes programas ofrecidos son muy pequeñas.

Dadas las exigencias actuales de la sociedad, se ha visto que en Colombia se requiere avanzar en áreas como la biotecnología, la microelectrónica, la informática, la química fina y los materiales, para evitar quedarnos a la zaga de los adelantos mundiales. En el campo de los materiales han venido trabajando marginalmente los físicos, los químicos, los ingenieros metalúrgicos y algunos integrantes de profesiones afines; sin embargo, el trabajo debe ser aún mayor. Es por esta razón que los programas de Metalurgia y Materiales están dirigiendo sus esfuerzos hacia la formación de ingenieros con una fuerte fundamentación en las siguientes áreas:

- Ciencias básicas
- Básicas de ingeniería
- Aplicación profesional

- Socio-humanística
- Económico-administrativas

Las tendencias de formación en las diversas áreas cubren la profundización en los siguientes temas:

- Preparación y adecuación de materias primas para la producción de materiales. En esta área es de especial interés el conocimiento no solo de minerales básicos para la preparación de metales, sino también el conocimiento de diversos materiales orgánicos y de óxidos para la preparación de polímeros y de cerámicos, respectivamente. De igual manera, es de gran importancia profundizar en la utilización de modernas técnicas de preparación de materias primas y contar con la infraestructura adecuada para ello.
- Conocimiento de la estructura interna de los materiales y su relación con las propiedades que caracterizan el comportamiento de los mismos. En este aspecto es muy importante tener un conocimiento bastante profundo a cerca de la estructura interna de los materiales a nivel atómico, electrónico y cristalino, ya que esto proporciona las bases para predecir el comportamiento de un material y, al mismo tiempo, determina la manera como éste puede ser modificado en su propiedades por procesos de transformación posteriores a su obtención.
- Conocimiento de los procesos de manufactura de diversos materiales (metálicos, poliméricos, cerámicos y compuestos) que permitan la obtención de componentes y equipos de alta calidad para su uso en la sociedad. Es importante profundizar en el conocimiento de modernos procesos de manufactura para la obtención de diversos materiales. En Colombia, este aspecto muchas veces se limita a la extracción de materia prima, que pocas veces es sometida a procesos de enriquecimiento tecnológico y pasa a ser rápidamente conformada para obtener la pieza deseada por métodos poco ortodoxos, de tal manera que estamos siempre dependiendo de las importaciones.
- Conocimiento de diversas técnicas de evaluación y caracterización de materiales que permitan determinar el comportamiento de un componente o de un equipo antes, durante y después de su fabricación. Aquí se incluyen técnicas de evaluación estructural y mecánica, tanto destructivas como no destructivas, y técnicas avanzadas de caracterización química y física. Todo esto contribuirá al desarrollo y a la optimización de diseño de materiales, el cual es aún muy incipiente en nuestro país.

- En el campo de la fundamentación socio-humanística, se ve que cada vez se hace más necesario que el futuro profesional adquiera una visión mucho más amplia de su entorno, que tenga un mayor conocimiento de los problemas del medio y que de la misma manera tenga las suficientes herramientas para interactuar con la sociedad y, en la medida de sus capacidades, de participar de la solución de los problemas de esta. Se resalta aquí la importancia de una formación con atributos de relevancia social, donde el estudiante pueda acceder al dominio de la lengua castellana y de la lengua Inglesa, de tal forma que estas le proporcionen competencia en la comunicación a todo nivel. De igual manera, que el estudiante pueda acceder fácilmente a la utilización de las herramientas informáticas, sin que ellas se conviertan en obstáculo para el entendimiento básico del funcionamiento y el análisis de las situaciones.
- Se recalca también la idea de una formación bajo criterios de flexibilidad e integridad, donde se le brinde al estudiante la oportunidad de utilizar tiempos y espacios que lo enriquezcan en temas diferentes a los de su diario aprender profesionalizante, donde el estudiante pueda experimentar lo que su pensamiento lo lleva a investigar. Todo esto sin olvidar el componente de integridad, en donde el aprender va más allá de preguntarse por las cosas y se traslada a un preguntar por el cómo ejercer la propia ciudadanía de una manera moderna, pero éticamente orientada.

4. Plan básico de estudios en el programa de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales

4.1. Definición de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales

La ingeniería Metalúrgica y de Materiales es la profesión que reúne los principios científicos y tecnológicos relacionados con la estructura interna, las propiedades y el procesamiento de los materiales, utilizando estos conocimientos fundamentales y aplicados para convertir los materiales en productos necesarios y útiles para la sociedad.

4.2. Objeto de estudio de la profesión

El programa de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales busca la formación de profesionales con altos valores éticos y morales, que sean los gestores de un verdadero desarrollo industrial, promotores del mejoramiento continuo del nivel de vida de la sociedad, respetuosos del medio ambiente y de los sistemas ecológicos. Profesionales comprometidos con la búsqueda del mejoramiento continuo y la excelencia en la calidad, con el desarrollo e implantación de nuevos sistemas de beneficio de minerales, con la optimización de procesos metalúrgicos, con el

diseño y fabricación de materiales convencionales y nuevos materiales y con la adecuada selección, evaluación y protección de los mismos.

4.3. Perfil ocupacional

El campo de acción del Ingeniero Metalúrgico es amplio y variado. Esto le permite su desempeño en organizaciones productivas de bienes y servicios, relacionadas con la gran cantidad y diversidad de materiales y procesos de producción existentes en el mercado.

El Ingeniero Metalúrgico y de Materiales también puede llegar a desempeñarse en centros de Investigación aplicada, dirigida al desarrollo de nuevos materiales. Al mismo tiempo, su formación le permite generar proyectos empresariales propios de su área de conocimiento.

Su campo de acción se puede definir desde dos puntos de vista:

- a) Desde el punto de vista del fabricante, el ingeniero metalúrgico y de materiales podrá desempeñarse en el diseño, los procesos de fabricación y la aplicación de los materiales
- b) Desde el punto de vista del usuario, el ingeniero metalúrgico y de materiales podrá desempeñarse en la selección, el comportamiento en servicio, la inspección y verificación o evaluación de integridad y vida residual de los equipos.

4.4. Título a que conduce

Actualmente las Universidades que ofrecen los programas de Ingeniería Metalurgia e Ingeniería Metalurgia y Materiales, otorgan el título de "Ingeniero Metalúrgico"; sin embargo, estas últimas muy probablemente ofrecerán el título de "ingeniero Metalúrgico y de Materiales". Por otra parte, los programas de Ingeniería de Materiales, ofrecen el título de "Ingeniero de Materiales".

4.5. Duración

Los programas de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales y de Ingeniería de Materiales tienen una duración de cinco años.

4.6. Perfil Profesional

El Ingeniero Metalúrgico y de Materiales es un profesional que combina sabiamente el conocimiento que posee de las ciencias básicas, con el dominio profundo de los principios que rigen la ingeniería. Esta especial condición, le permite aplicar todo su saber al desarrollo, diseño y mejoramiento de procesos que conllevan a la obtención de diversas materias primas, las cuales adapta y convierte en productos útiles a la

comunidad, sin olvidar en ningún momento la preservación del medio ambiente.

El conocimiento adquirido a lo largo de su formación profesional le permite, además, relacionar la estructura de los materiales con sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, con lo cual puede entrar a diseñar, seleccionar y controlar la calidad de dichos materiales, al mismo tiempo que puede participar en la inspección y control de procesos y materiales utilizados como partes y piezas de diversos equipos.

Desde el punto de vista ético, cultural y humano, es un profesional con una amplia formación integral, que le permite adaptarse e integrarse fácilmente la sociedad, manteniendo siempre su respeto por el ser humano.

Un profesional con deseos de información y formación continua, con habilidades para transferir, adoptar y adaptar nuevas tecnologías en beneficio de la comunidad.

Un profesional con una formación adecuada en las nuevas tecnologías de la informática, simulación y modelamiento, con habilidades de comunicación con instituciones y profesionales, a nivel nacional e internacional, afines a su área de desempeño, un profesional conocedor de la realidad socio-económica del país, en conclusión un profesional con una amplia formación integral.

4.7. Plan mínimo de estudios con sus áreas básicas

El plan básico de estudios se divide en las siguientes áreas del conocimiento :

- **Ciencias básicas:**

Entendidas como la aplicación de los principios y fundamentos de la matemática, la física, la química y la biología.

- **Básicas de Ingeniería:**

Son las aplicaciones de las ciencias básicas, incluyendo expresiones gráficas, orales, escritas y computación.

- **Aplicación profesional:**

Corresponde a la actividad y desarrollo de la formación profesional.

- **Socio- Humanística :**

Corresponde a los aspectos del hombre y la sociedad.

• **Económico-administrativa:**

Es un área que permite integrar los procesos productivos dentro del contexto de la rentabilidad, de la gestión y de la eficiencia de los recursos físicos y humanos.

Los porcentajes mínimos propuestos son los siguientes :

Ciencias básicas:	20%
Básicas de Ingeniería:	20%
Aplicación de ingeniería:	30%
Socio-humanísticas:	10%
Económico-administrativa:	10%
Flexible:	10%

Los programas de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales y de Ingeniería de Materiales poseen características similares y cada una de sus áreas cubre los siguientes aspectos:

Ciencias Básicas:

Física
Química
Matemáticas
(Biología)
(Ecología)

Básicas de Ingeniería

Geometría Descriptiva
Dibujo de Máquinas
Fisicoquímica
Cinética y Termodinámica
Fenómenos de Transporte
Electrotecnia

Aplicación profesional:

Metalurgia Extractiva
Procesamiento de Materiales
Procesos de Soldadura
Procesos de Fundición
Materiales Metálicos

- * Materiales Poliméricos
- * Materiales Cerámicos
- * Materiales Compuestos

Corrosión

Pruebas No destructivas

Comportamiento mecánico de los Materiales

Selección de Materiales

Socio-Humanísticas:

Deportes

(Español)

Inglés

Económico-administrativas:

Economía para Ingenieros

Administración Industrial

Las asignaturas que están entre paréntesis tienen previsto ser incluidas en algunos planes de estudio, y las que se encuentran marcadas con asterisco (*), ya están incluidas dentro del plan de estudios del programa de ingeniería de Materiales y serán incluidas en los planes de estudio de Ingeniería Metalúrgica y de Ingeniería de Metalúrgica y de Materiales.

De igual manera, cada una de las asignaturas del ciclo profesional cuentan con su respectivo espacio para el desarrollo de la parte experimental.

Por otra parte, en algunas universidades se ha pensado implementar un sistema para las asignaturas socio-humanísticas, en el cual se imparta esta formación a través de talleres, seminarios y conferencias, cambiando así el antigua método de las clases.

Como puede verse, independientemente del nombre que posea el programa, la tendencia en cuanto al plan de estudios es muy similar.

Existen también actividades complementarias que incluyen visitas técnicas a empresas y desarrollo de una práctica empresarial.

4.8. Recursos específicos

Los recursos mínimos que debe poseer cada programa de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales para una adecuada educación integral son:



4.8.1. Requerimientos en laboratorios incluyendo ciencias básicas:

- Laboratorio de Física, con equipos y materiales suficientes y adecuados para la determinación de las propiedades físicas de los materiales.
- Laboratorio de química, con suficientes equipos necesarios para la determinación de propiedades químicas de la materia.
- Laboratorios de procesamiento de minerales con equipamientos modernos de uso especial en la fabricación de nuevos materiales.
- Laboratorios de Metalurgia extractiva con equipos y materiales adecuados para soportar las modernas técnicas de extracción, concentración y refinación de materiales.
- Planta piloto de fundición con equipamientos y materiales adecuados para desarrollar nuevas técnicas de fundición y solidificación de materiales.
- Laboratorio de química de superficies y Corrosión.
- Laboratorio de fabricación y procesamiento de materiales convencionales y nuevos materiales.
- Laboratorio con equipamiento adecuado para el desarrollo de modernos procesos de unión y soldadura de materiales.
- Laboratorio de caracterización y control de calidad de materiales que incluya infraestructura para:
 - Ensayos no destructivos
 - Ensayos destructivos
 - Equipamiento para preparación metalográfica de muestras
 - Microscopía óptica
 - Microscopía electrónica (transmisión y barrido)
- Laboratorio de tratamientos térmicos para modificación de las propiedades de los materiales.

4.8.2. Recursos informáticos

Se requiere de una sala de informática con soporte suficiente para simulación y modelamiento de procesos y acceso a autopistas de la información.

En esta área, y teniendo en cuenta que la mayoría de procesos de fabricación, caracterización y determinación del comportamiento de

los materiales es actualmente llevado a cabo de manera más eficiente a través de procesos de simulación, se piensa que los estudiantes deben tener acceso a equipos de computación para dar solución a todos los problemas involucrados en el ámbito de la Ingeniería Metalúrgica y de Materiales. De esta forma se piensa que el tiempo mínimo requerido por cada estudiante en el uso del computador debe ser de 10 horas a la semana.

4.8.3. Recursos bibliográficos

Además de los recursos bibliográficos en libros y revistas, del soporte informático que suministra la información vía internet, así como las bases de datos contenidas en discos compactos que poseen las bibliotecas de cada universidad, las Escuelas de Metalurgia y Materiales cuentan con un minicentro de documentación, administrado por sus estudiantes.

4.8.4. Recursos Humanos

Las universidades que ofrecen el programa de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales deben contar con una planta suficientemente amplia de docentes de tiempo completo (mínimo 10 por cada 50 estudiantes), todos ellos con una formación mínima de postgrado o, en su defecto, con una amplia experiencia a nivel docente y/o industrial. La capacitación del profesorado deberá ir respaldada tanto por la Institución, como por la entidad gubernamental que administre ciencia e investigación en el país.

Por otra parte, la crisis económica de las instituciones de educación superior conlleva a la contratación masiva de profesores de hora cátedra para cubrir plazas que deberían estar asignadas a profesores de tiempo completo. Esto hace que en algunos casos, debido al poco sentido de pertenencia por institución mostrado por algunos profesores de hora cátedra, la educación impartida sea de mala calidad.

En cuanto a la existencia de personal técnico, es importante que cada programa cuente con suficiente personal de apoyo, que se encargue del mantenimiento de equipos, de la preparación de material y del apoyo básico para la prestación de servicios a la comunidad. En este punto es importante también que la Institución respalde programas de capacitación para el personal técnico.

4.9. Soporte administrativo e investigativo

Dentro de la estructura administrativa, se establece la existencia de una facultad de ingenierías que agrupa, entre otras, a las escuelas o departamentos de metalurgia y materiales. Cada departamento o es-

cuela, debe poseer una autonomía que le permita la toma de ciertas decisiones que aseguran el buen funcionamiento de los programas.

Cada facultad conformada por las escuelas, deberá estar convenientemente respaldada por entes académicos y administrativos que aseguren el buen funcionamiento de los programas en diferentes aspectos.

Adicionalmente, la existencia de una dependencia que coordine los temas relacionados con la investigación, es una herramienta que facilita enormemente la ejecución y financiación de los proyectos de investigación.

5. Estrategias para actualizar y modernizar el currículo

5.1. El papel de la universidad

Es importante que la universidad deje atrás la tradición escolar de identificar el plan de estudios con el currículo, con lo cual se ha pretendido que el ordenamiento de las asignaturas formales que cada programa de formación profesional ofrece constituya toda la vida universitaria. Esto hace que para los estudiantes todo quede restringido a las clases, a los exámenes, a la preparación de tareas y a la lectura para las clases, lo cual conlleva a que las demás actividades dentro o fuera de la Universidad se consideren extracurriculares.

Es necesario tomar conciencia de que el currículo comprende una serie de actividades orientadas a la formación de una cultura institucional que aunque no forman parte del plan de estudios, forman parte esencial de la formación integral.

Es así como la universidad en su estructura organizativa, normativa y de gestión, debe ser congruente con el propósito de cambio y modernización, para no establecer desfases ente la práctica y la teoría.

5.2. La flexibilidad del plan de estudios

La reforma de los planes de estudio, como su nombre lo dice, debe propiciar una nueva forma, una nueva orientación. Cada escuela o departamento deberá preguntarse por la pertinencia de sus programas, interiorizando el hecho de que planes de estudio cerrados, profesionalizantes y recargados de cursos informativos, obstaculizan el desarrollo integral del estudiante debido a que no le permiten una posición activa frente a su formación, le impiden pensar y satisfacer sus necesidades y opciones teóricas.

De esta manera la actualización y modernización debe apuntar hacia la existencia de planes de estudio flexibles e interdisciplinarios que, por un lado, le permitan al estudiante la posibilidad de elegir entre diferentes asignaturas profesionales y que, por otro lado, le den el espacio para tomar cursos de contexto y para asistir a actividades universitarias elegidas por él según sus necesidades. Sin embargo, esa flexibilidad no debe ser interpretada como una disminución en la intensidad del trabajo de aprender.

La flexibilidad del currículum debe ir de la mano de una indicación al estudiante de que tome para sí lo que posee y lo experimente. El profesor tendrá como labor inducir al estudiante a aprender, a experimentar y a apropiarse de las cosas que se ponen frente a él. Es importante concederle al estudiante la oportunidad de que tome cursos y laboratorios en otras facultades de la universidad que le permitan experimentar la profundización de las cosas que tienen que ver con la práctica de su profesión. Es también importante que el estudiante tenga la oportunidad de tomar cursos opcionales en otros programas académicos distintos a los que cursa hacia una profesión.

5.3. La formación básica y la formación como ingeniero

La determinación del núcleo básico de formación y del núcleo de fundamentación profesional, a pesar de que constituyen la parte no flexible del plan de estudios, son de vital importancia, ya que permiten sentar las bases del conocimiento del que el estudiante se apropiará y utilizará como una herramienta básica para la solución de determinados problemas.

Es también ideal que los cursos de fundamentación profesional no se conviertan en cursos profesionalizantes, en donde las asignaturas que, en principio, deberían ser fundamento para muchas ingenierías, se conviertan en asignaturas de especialización para la profesión particular.

La formación básica además de contener los conocimientos en física, química y matemática, deberá incluir conocimientos en biología y ecología, necesarios para fortalecer el amor a la naturaleza y el sentido ecológico que se ha perdido en los últimos tiempos.

Por otra parte la enseñanza de una segunda lengua no deberá tomarse como el simple cumplir con uno o dos cursos de idioma extranjero, sino que es óptimo que ese segundo idioma tome parte activa en el aprendizaje del estudiante y sea una herramienta útil en desarrollo de su profesión.

5.4. La formación en aspectos de la carrera

La conformación de este nivel, que incluye los cursos y los seminarios profesionales, deberá ser muy cuidadosa y se deberá prestar especial atención en el hecho de que dichos cursos y seminarios son los que promueven la apropiación y aplicación de los conocimientos en áreas específicas, así como la capacidad para transferir esa experiencia a otros campos.

La formación en todas las áreas profesionales debe ser realizada de una manera tal que se complementen los fundamentos teóricos con la experimentación y con las vivencias industriales e investigativas. Toda esta interacción dará paso más fácilmente a la generación de tecnologías aplicables a nuestro medio.

El pensum deberá ser suficientemente flexible y sometido a continua revisión para la actualización de los contenidos, con el fin de que ellos se puedan ir adaptando fácilmente a los cambios y avances del saber.

5.5. Los modelos pedagógicos

Los proyectos pedagógicos de las instituciones universitarias deberán practicar un saber mancomunado entre profesores y estudiantes, que debe ir más allá del conocer el uso de las cosas. Y es sin duda la práctica moderna de la pedagogía, el camino para llegar a esto. Solo a través de un dialogo entre hombres (estudiantes y profesores) libres, emancipados de cualquier tipo de tutela y que solo aceptan la autoridad que proviene del mejor argumento, se llegará a un auténtico ejercicio del enseñar-aprender.

Con el fin de permitir una formación universitaria que, entre otras características, posea ética, innovación, creatividad, y espíritu investigativo; los planes de formación deberán ir respaldados por modelos pedagógicos adecuados que permitan la integración de las características antes mencionadas. Para tal efecto deberá ponerse en práctica un programa pedagógico que en lo posible involucre a estudiantes y profesores en los siguientes tópicos:

- Conocimiento del arte y la pedagogía de la enseñanza universitaria.
- Organización de la instrucción universitaria y la metodología de la enseñanza.
- Naturaleza del alumno y modos de aprendizaje.
- Enseñanza y aprendizaje rompiendo los enfoques tradicionales. Este punto deberá contemplar programas de entrenamiento y capacita-

ción, prácticas y pasantías empresariales y prácticas experimentales y vivencias.

- Sistemas de evaluación de la enseñanza y el aprendizaje.

Dentro de este modelo pedagógico también será importante diseñar y ejecutar un plan de estrategias para el desarrollo de una cultura informática y para la apropiación del uso de nuevas tecnologías computacionales para el aprendizaje. Todo esto con el fin de incrementar el uso de las herramientas informáticas de telecomunicaciones para el aprendizaje.

Finalmente, para la puesta en marcha del programa total, deberá existir un soporte académico de expertos en técnicas y metodologías de la enseñanza, al igual que el apoyo de las directivas de la universidad y de la misma industria para dar soporte económico al proceso. De igual manera es importante motivar e involucrar de manera activa a las partes interesadas para dar un completo cumplimiento a los objetivos del programa.

5.6. La investigación y la educación continuada

Las actividades de investigación deberán propiciar un encuentro interdisciplinario, con el fin de generar creatividad, distanciamiento sano y crítico con respecto a la propia profesión y respeto que exige el trabajo en grupo.

La universidad deberá procurar la búsqueda del carácter investigativo con el fin de cumplir con su propósito de elevar el nivel de vida de los colombianos y al mismo tiempo obtener un reconocimiento internacional.

Para dar cumplimiento al anterior objetivo, la universidad deberá buscar mecanismos para apoyar, en cada programa, la definición de las líneas de investigación pertinentes para el desarrollo regional y nacional, y la definición de los requerimientos para el establecimiento y consolidación de grupos interdisciplinarios. En este último aspecto, se deberán buscar estrategias para la internacionalización de los centros de investigación y apoyar la participación de los integrantes de estos centros de investigación en cursos, seminarios y congresos, nacionales e internacionales.

De igual manera, tanto estamentos gubernamentales como agremiaciones, así como la comunidad académica en general, deberán generar las condiciones necesarias para que los procesos de fabricación, desarrollo y uso de nuevos materiales se convierta en una condición necesaria para el progreso del país.

Es así como los aspectos investigativos que deben abordar los diferentes programas de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales, entre otros, serán:

- Procesamiento de minerales para fabricación de nuevos materiales (cerámicos, metálicos, composites de matriz metálica, composites de matriz cerámica).
- Procesamiento de materiales con vías a la fabricación de polímeros y compuestos poliméricos.
- Procesos de manufactura y conformado de nuevos materiales.
- Química de superficies.
- Corrosión y protección de materiales.
- Nuevas técnicas de soldadura y unión de materiales convencionales y nuevos materiales.
- Aplicaciones biomédicas de los nuevos materiales.
- Comportamiento de los materiales a alta temperatura.
- Procesos de concentración y refinación de minerales y su impacto ambiental.
- Diseño y fabricación de piezas y componentes asistidos por computador.
- Simulación y modelamiento de procesos.
- Vida residual y análisis de fallas de equipos en servicio y materiales.

En el área de la educación continuada, los programas de Metalurgia y Materiales deberán propender por una actualización constante de los conocimientos relevantes de la práctica profesional. En este punto es de vital importancia el apoyo hacia los grupos de investigación, ya que a través de la difusión de sus resultados, tanto la comunidad universitaria, como la comunidad en general podrán enriquecerse en los nuevos adelantos de la ciencia y la técnica en el área de la metalurgia y los materiales.

6. Relaciones y estrategias de la universidad con el sector productivo, el sector público y la comunidad

La creación permanente de las relaciones de intercambio con los sectores que conforman la sociedad (productivo, público y comunidad) son de vital importancia en el contexto institucional. Para tal fin la universidad deberá propiciar el desarrollo de proyectos y acciones de mutuo beneficio a escala regional, nacional e internacional, que involucren tanto la evaluación de las actuales estrategias con que cuenta la universidad en los campos de la extensión universitaria, la educación continua, los servicios, las pasantías y la divulgación cultural, así como la puesta en marcha de un proyecto que involucre el diseño de nuevas estrategias de diagnóstico sectorial, prácticas empresariales y de servicio social en entidades públicas. Todo esto con el fin de atender las necesidades a toda escala.

La integración de la universidad con la industria, al ser un aspecto de difícil consecución a lo largo de los tiempos, debe ser realizada de una manera cuidadosa, directa y eficiente, y los estamentos interesados en realizar dicha labor deben poseer suficiente autonomía, poder de decisión y recursos físicos y económicos suficientes para el logro de sus objetivos. Por tal razón cada programa deberá contar con un apoyo constante y decidido por parte de la Universidad.

Algunos de los factores determinantes en el logro de la integración con la industria son, por una parte, la adecuada divulgación de asesorías, investigaciones y servicios y por otra parte la prestación efectiva de servicios de alta calidad. Otro aspecto importante es el fortalecimiento de la participación de los egresados en el desarrollo de las actividades académicas e investigativas de la universidad. De igual manera es muy importante promover las prácticas y pasantías industriales de profesores y estudiantes con el fin de activar la interacción universidad-industria.

De todo esto se desprende que la comunidad universitaria deberá tener un compromiso real con el proceso de integración para alcanzar las metas propuestas y así poder lograr un beneficio mutuo.

La universidad también podrá contribuir a la integración con la comunidad a través de la constitución y desarrollo de centros de información al público dentro de los campos universitarios y de programas de servicio técnico y comunitario para brindar la oportunidad al sector público, industrial y comunitario, de que el talento universitario contribuya, a través de sus estudiantes y profesores, al mejoramiento del nivel de vida y al incremento de la productividad de las organizaciones.

7. Recomendaciones a:

7.1. Programas de Ingeniería Metalúrgica y Materiales

En relación con el plan de estudios, en primer lugar, se recomienda realizar una actualización continua de la información para evitar caer en pensums obsoletos. Adicionalmente, se considera conveniente disminuir la intensidad horaria dedicada a las asignaturas profesionales para dar paso a un plan de estudios de carácter más flexible que le permita al estudiante dedicar tiempo a otras áreas del saber que, sin ser netamente profesionales, le ayuden a su formación particularizada que su gusto e iniciativa personal le imponen. De igual manera se resalta el carácter interdisciplinario que debe prevalecer en la formación universitaria, con el fin de que a través del contacto con diferentes disciplinas se abra el panorama del conocimiento y se cuente con las suficientes herramientas para dar solución a cualquier tipo de problema que a lo largo del desempeño de su profesión se presente.

Se recomienda también incluir los procesos de autoevaluación y acreditación en los programas de ingeniería, buscando herramientas para concientizar a la comunidad universitaria de que dichos procesos conllevan a la excelencia en la calidad y la competitividad.

En el proceso de autoevaluación se debe informar a la comunidad universitaria acerca de la misión institucional con el fin de que cada parte constitutiva de ésta contribuya, a través del logro de objetivos particulares, al logro de objetivos más universales de la institución. En este contexto es importante que cada programa establezca su misión particular acorde con la misión institucional, con el fin de establecer los objetivos particulares del programa, los cuales deben ser continuamente valorados y actualizados y deben estar completamente ligados con la cultura organizacional y con las características particulares de la región.

Solo a través de un proceso de autoevaluación se podrán encontrar fortalezas y debilidades que conduzcan a un compromiso de mejoramiento continuo de la calidad de los programas que se ofrecen a los futuros ingenieros, para que estos sean los gestores de un verdadero desarrollo del país.

Es importante que cada programa, a través de talleres, foros y seminarios, involucre a sus estudiantes en un proceso de conocimiento de los problemas sociales, políticos y económicos del entorno regional, nacional y mundial, con el fin de que aprendan a ser más sensibles al medio que los rodea y, en la medida de sus capacidades, contribuyan al mejoramiento de la sociedad en que vivimos. Para esto se requiere concientizar a la comunidad universitaria de las necesidades del país y

crear ambientes de discusión y análisis para la solución de estos problemas. En este punto se plantea también la necesidad de realizar encuentros entre industriales, estudiantes, egresados y profesores que estén relacionados con el área de la metalurgia y los materiales para que, a través de un análisis profundo de las necesidades de esta área, se contribuya de manera particular al avance de la ciencia y la tecnología en el país.

Con las modernas exigencias de la tecnología, es importante incluir dentro de la formación del estudiante un campo en el cual aprenda a dominar las herramientas que la informática le brinda, por un lado para estar continuamente informado a través de redes de información y, por otro, para dar solución a problemas que pueden ser resueltos rápida y fácilmente a través de programas computacionales, modelamiento y simulación. Esto sin perder el sentido de lo que es un apoyo informático al conocimiento básico sin el cual nada se podría resolver.

En el campo de la comunicación cada vez se hace más necesario que el estudiante profundice y domine tanto su lengua materna como una lengua extranjera. Esto es debido a que el proceso de globalización exige cada vez más que el profesional desarrolle actitudes de comunicación a todo nivel, lo cual lo obliga a estar adecuadamente preparado para cualquier reto de comunicación oral o escrita, tanto en su propia lengua como en una lengua universal.

Con todos los cambios que la modernidad impone, se observa también que es muy importante procurar metodologías que enriquezcan la enseñanza calificada y faciliten un aprendizaje del cual el estudiante debe ser cada vez más responsable. Aquí los programas, respaldados por su institución, deberán involucrar tanto a estudiantes como a profesores en el aprendizaje y en la adaptación de modernas técnicas pedagógicas que se alejen cada vez más del continuo repetir por parte de unos y un aprender sesgado por parte de otros. La enseñanza debe ser participativa y en lo posible extenderla a ambientes que abran paso a la imaginación, a la experimentación y a su adaptación a hechos reales.

Otro aspecto que se considera de vital importancia es que los programas estrechen cada vez más los lazos de unión o cooperación con la industria. Los programas deberán saber vender sus ideas a través de una adecuada divulgación de sus capacidades y a través de una prestación de servicios de alta calidad. Una vez la universidad demuestre con excelencia y calidad sus capacidades, se podrá dar una verdadera cooperación en donde ambas partes, universidad e industria, se vean mutuamente favorecidas.

Otro aspecto importante es que los programas, con el adecuado respaldo de su institución, fortalezcan sus procesos de inducción a la vida universitaria, para hacer que el estudiante adquiera un sentido de pertenencia por la universidad en la cual pasa la mayor parte del tiempo y pueda ser considerada como su segunda casa. Pero de la misma manera que cada programa procura el acercamiento del estudiante a la institución, deberá preocuparse por desarrollar estrategias para establecer y garantizar las prácticas industriales y empresariales de los estudiantes, que en fin de cuentas son las que lo acercan de manera más propicia a la realidad.

7.2. Instituciones de educación superior

Con el fin de que los programas puedan cumplir a cabalidad sus objetivos, es importante que a las universidades les brinden todo su apoyo institucional. De ahí que cada institución deberá contar con proyectos a mediano y largo plazo que aseguren su estabilidad económica, que permitan una ampliación de la cobertura y fortalecimiento de un programa de formación en docencia universitaria y que, entre otros, fortalezcan la participación de los egresados en el desarrollo de la universidad.

Por el lado económico, la universidad deberá demostrar su capacidad financiera y el camino a tomar podrá ser el establecimiento de mecanismos de búsqueda de apoyo por parte del estado o de las industrias. Con esto, los programas verán asegurada una parte de su estabilidad económica, ya que la otra corre por cuenta propia.

7.3. ACOFI

Es importante que se le de continuidad a esta labor que están realizando ACOFI y el ICFES, para permitir que a través de reuniones periódicas, los programas de Metalurgia y Materiales se unan en la labor de seguir detectando las necesidades del país en el área de metalurgia y materiales, unifiquen los criterios de formación del futuro ingeniero y establezcan mecanismos de cooperación e intercambio en las áreas académica e investigativa y en todas las áreas que la profesión involucra.

7.4. Sector productivo

Es importante que el sector productivo acoja las propuestas generadas por las universidades en el sentido de la cooperación, y que encuentre en la universidad un punto de apoyo para solución a algunos de sus problemas, para que junto con ellas contribuyan al desarrollo del país. De igual manera, y en la medida de sus posibilidades, que establezcan la existencia de un fondo especial que sea donado a las universidades

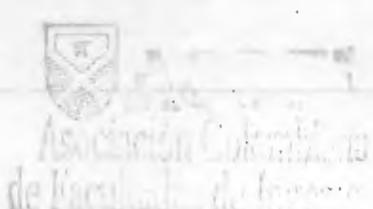
para que estas puedan respaldar y ayudar al cumplimiento de los objetivos educacionales de cada programa.

7.5. Estado

Así como la misión del Estado es buscar la grandeza nacional, la universidad, al amparo de su autonomía y en cumplimiento de sus deberes con la nación, tiene su misión particular. Sin embargo, para dar cumplimiento total a la misión de ofrecer un servicio público cultural, necesita del respaldo continuo y decidido del Estado. De esta manera, el Estado debe propender por el establecimiento y cumplimiento de políticas de financiación para el sector educativo, con el fin de que a través de la universidad pueda cumplir su misión de dar educación universitaria a todos sus ciudadanos.

ASOCIACIÓN MODERNIZACIÓN DEL CURRÍCULO EN INGENIERÍA DE MINAS

Documento Final



ACTUALIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CURRÍCULO EN INGENIERÍA DE MINAS

Documento Final

1. Antecedentes

La carrera de Ingeniería de Minas en Colombia fue creada como el primer programa de formación profesional de la Escuela Nacional de Minas de Medellín, fundada en abril de 1887, ante la sentida necesidad para la economía de entonces de explotar de manera más adecuada las minas de oro, de adelantar estudios de generación hidroeléctrica con miras a aumentar la capacidad de producción y el rendimiento de tales minas y de adoptar en nuestro medio las innovaciones técnicas introducidas a las operaciones mineras desde Inglaterra, Canadá y Estados Unidos. El plan curricular inicial consistió en una adaptación de la Universidad de Berkeley, California¹, con el cual los fundadores de la Escuela de Minas quisieron impartir una formación dirigida a crear una clase dirigente que amalgamara los factores de capital, tecnología, recursos minerales y vocación minera para dar paso hacia el desarrollo nacional y regional.

La minería no sólo inspiró el nombre de la Escuela, convertida desde enero de 1940 en Facultad de Minas de la Universidad Nacional, sino también en los contenidos y objetivos de sus otros programas académicos, particularmente los de Ingeniería Civil y de Minas en los primeros años, y de Ingeniería Geológica e Ingeniería de Petróleos en 1941, propiciando con ello el conocimiento e incremento de nuestro potencial geológico, la mayor participación del sector minero en el producto nacional y el desarrollo tecnológico de nuestra industria extractiva, mediante la formación ininterrumpida de profesionales en cada una de las ramas del área de los recursos minerales, cada vez más exigentes, diferenciadas y especializadas y con mayor campo de acción.

El título de Ingeniero de Minas y Metalurgia se acuñó en la década de 1940 al separarse el programa en minería de uno conjunto con Ingeniería Civil. Para ese entonces la minería en Colombia se refería a explotaciones medianas y pequeñas para un grupo reducido de productos, entre los que se encontraban oro, carbón, caliza, piedras preciosas y algunos minerales y rocas industriales; desde entonces se ha presentado un significativo crecimiento de la producción minera nacional. Así lo confirman más de 7.000 minas y de 120.000 empleados en ellas; una participación del 29,75% en el volumen total de las exportaciones y del 5% del PIB, incluyendo hidrocarburos; lo anterior es motivo suficiente para no desconocer las salidas y oportunidades que la minería ofrece para ejercer una carrera profesional en nuestro medio.

La anterior evolución de la minería nacional y el papel de los Ingenieros de la Facultad de Minas de Medellín se constituyeron en factores claves para que otras universidades reconocieran la importancia de formar profesionales en el área; tal es el caso de la Universidad Peda-

gógica y Tecnológica de Colombia desde 1972 y más recientemente el de la Fundación Universitaria Ciudad de Popayán y el de la Universidad Francisco de Paula Santander que, tomando como modelo la estructura curricular de la Facultad de Minas de la Nacional, crearon sus programas académicos en Ingeniería de Minas, omitiendo las asignaturas que comprendían los temas relacionados con la metalurgia.

Cabe anotar que los campos de acción de los profesionales formados en estas nuevas carreras, de acuerdo con los planes de estudio vigentes y al perfil ocupacional pretendido en los objetivos de las citadas instituciones educativas, son los siguientes: evaluación de yacimientos, estudios de factibilidad para proyectos mineros, diseñar y dirigir labores técnicas de explotación de los recursos mineros, organizar y administrar empresas mineras, prestar asesorías técnicas y jurídicas y calcular y dirigir el avance de túneles o movimientos de tierra para obras mineras y civiles.

2. Principales características de la Ingeniería de Minas en Colombia

En Colombia la Ingeniería de Minas se ha orientado hacia la solución de problemas que se presentan en la extracción y procesamiento de sus recursos minerales, tales como carbón, caliza, oro, hierro, níquel, esmeraldas y los minerales industriales más importantes.

Aunque cada día se utilizan más las tecnologías desarrolladas en el exterior para la exploración y explotación de los recursos minerales del país, la actividad minera viene siendo desarrollada y liderada por profesionales nativos, salvo el excepcional desempeño de foráneos en puestos estratégicos en la gran minería. Sin embargo, es de esperar que los procesos de apertura económica, integración con otros países y apoyo a la inversión extranjera, contribuyan al ingreso de más profesionales extranjeros al país.

Desde el punto de vista tecnológico, algunos de los mayores avances en la minería mundial y que se han venido incorporando a la Ingeniería de Minas en Colombia, se han dado en las técnicas de perforación, el soporte de excavaciones subterráneas, la lixiviación "in situ" de minerales metálicos, la biolixiviación, la automatización y la computación, la aparición de maquinaria modular, versátil y confiable y de gran producción unitaria o continua.

3. Tendencias en la formación de ingenieros de Minas en Colombia

Aparte de la adaptación a la actualidad y realidad de los problemas nacionales, la Ingeniería de Minas tiene perspectivas interesantes: deberá enfrentar los nuevos retos tecnológicos de modernización, productividad y competitividad y llevar nuestra minería a nivel internacional; enfatizar en sus contenidos los aspectos, económicos, ambientales y de manejo de información, de tal modo que los nuevos profesionales acometan la tarea de compatibilizar la extracción y utilización de los minerales con la conservación del proceso productivo y los ecosistemas y prepararse para competir con los ingenieros que traiga al país la inversión extranjera.

El estado del arte y la prospectiva tecnológica

La producción de minerales en Colombia se realiza en una amplia gama de unidades de explotación en cuanto a la aplicación de tecnologías "que va desde minas como la de níquel en Cerromatoso S.A. -que es la primera productora de este metal en Suramérica, la tercera a nivel latinoamericano y que aporta el 12% de la producción mundial- o como la mina de El Cerrejón Zona Norte -la más grande explotación de carbón a cielo abierto del mundo, que participa con el 6% del mercado internacional de este mineral-, en las que se utilizan las más modernas técnicas de perforación, voladuras, movimiento de tierra y rehabilitación de terrenos, hasta pequeñas unidades de explotación artesanales, inseguras, nocivas al medio ambiente, principalmente productoras de oro, carbón, esmeraldas y materiales de construcción"².

Teniendo en cuenta la consideración anterior, estrictamente no podría hacerse una caracterización válida sobre el estado del arte de la Ingeniería de Minas en Colombia, porque es posible encontrar explotaciones con sistemas de avance, cargue y transporte de gran productividad y eficiencia, en medio de minas de corto alcance, con métodos de laboreo rudimentarios y en las que cualquier mejora administrativa y el más mínimo incremento en la organización de métodos y mecanización de operaciones puede considerarse como un avance importante. Es posible concluir en este aspecto que la Ingeniería de Minas en Colombia está en capacidad de proponer soluciones a los problemas actuales de la minería nacional y de dar respuesta a las necesarias inversiones que deberán realizar las empresas mineras en exploración, equipamiento, infraestructura, procesos de valor agregado, etc.

Las principales tendencias en la modernización de minas son las siguientes: convertir operaciones subterráneas a cielo abierto donde ello sea posible debido a la reducción de costos de producción; incrementar la automatización y mecanización, incluyendo el diseño de minas por

computador, así como el planeamiento de la producción, el mantenimiento de equipos y galerías, el despacho de camiones y hasta la sistematización de la operación diaria; diseñar y utilizar máquinas cada vez más rápidas en todas las fases del trabajo minero; convertir el transporte de camiones para largos recorridos en bandas transportadoras; aumentar el conocimiento que se tiene en cuanto al comportamiento de las rocas sometidas a grandes voladuras (fragmentación, empuje, hundimiento de bloques) para incrementar las posibilidades de construir galerías cada vez más grandes y excavaciones mayores aún cuando la profundidad de las explotaciones sea considerable; desarrollar técnicas y métodos para reducir los impactos negativos socio-ambientales de la minería.

Entre los temas y áreas de desempeño profesional en los cuales debe incursionar el Ingeniero de Minas y Metalurgia, además de los que tienen relación con el laboreo de minas propiamente dicho, y con miras a elaborar escenarios de progreso tecnológico que darían un aporte a las necesidades de desarrollo económico y social del país, estarían:

- Mecánica de rocas aplicada (túneles, vías, geotecnia),
- Industria cementara,
- Industria cerámica,
- Industria energética,
- Industria pirometalúrgica (sector metalmecánico),
- Área de legislación minera y ambiental.
- Área de la información y sistemas aplicados.
- Problemas económicos y planeación del sector minero.
- Desarrollo sostenible y los recursos no renovables, entre otros.

4. La Ingeniería de Minas en Colombia

La carrera de Ingeniería de Minas en Colombia busca formar profesionales que tengan las siguientes características:

- Promotores del progreso nacional en el sector minero y en algunos casos metalúrgico.
- Sensibles sobre el medio ambiente, los recursos minerales, la sociedad y el individuo.
- Con capacidad de investigar la solución a los problemas técnicos y económicos relacionados con la extracción, beneficio, transporte y transformación de los recursos naturales no renovables.
- Así mismo se busca propiciar el desarrollo de la habilidad intelectual como elemento básico de innovación y progreso.

Además deberán :

- Ser conscientes de la realidad de los recursos minerales tanto a nivel nacional como mundial.
- Participar en la generación, elaboración y ejecución de proyectos mineros y metalúrgicos de cualquier naturaleza y escala y de manera competente.
- Impulsar el desarrollo tecnológico del sector minero-metalúrgico nacional.
- Actuar con responsabilidad y en el marco de los valores éticos y morales.

5. Plan básico de estudios en el programa de Ingeniería de Minas en Colombia

5.1. Definición

La ingeniería de minas comprende todas las actividades tecnológicas y de gestión del sector minero (incluido lo público y lo privado) que tienen que ver con aspectos de la exploración, la extracción, el beneficio, el mercadeo y la utilización de los productos minerales que el país emplea. Por razones de índole social y exigencias gubernamentales, algunas de las actividades de la Ingeniería de Minas cubren campos distintos a la minería, como los relacionados con la tenencia de las minas y su fiscalización en el marco de la ley, con las contraprestaciones económicas al Estado, con el respeto a los derechos y las culturas de los habitantes y comunidades de las áreas explotadas, con la protección al ambiente natural de los impactos negativos y con el uso racional de la riqueza mineral agotable.

Por lo tanto, el objeto de estudio en el área de Ingeniería de Minas es la aplicación de las matemáticas, las ciencias físicas y humanas, al aprovechamiento de los recursos naturales no renovables, bajo criterios de sostenibilidad y competitividad para satisfacer las necesidades del mercado nacional e internacional.

5.2. Título al que conduce

Ingeniero(a) de Minas

5.3. Duración del programa

Cinco años, exclusivamente en la modalidad diurna.

5.4. Perfil profesional

La formación del profesional en ingeniería de minas debe estar encaminada a lograr profesionales integrales con excelentes calidades y cualidades en las siguientes áreas :

- **Ciencias Básicas:** fuerte fundamentación, en nuestro contexto las básicas proporcionan al futuro profesional la capacidad de análisis, una mentalidad ágil en la solución de problemas y en la toma de decisiones.
- **Básicas de Ingenierías:** proporciona la fundamentación ingenieril procurando e incrementando el ingenio y la creatividad de los nuevos profesionales.
- **Aplicación de Ingeniería:** volcar todos esos conocimiento y habilidades en la solución de problemas.
- **Humanística:** reforzar la calidad humana del ingeniero interactuando en grupo e indentificando los problemas de la sociedad en la cual se desenvuelve.
- **Ambiental:** para desarrollar la actividad minera teniendo en cuenta permanentemente la preservación y el mejoramiento de las condiciones ambientales.
- **Idiomas:** conocimiento básico de una segunda lengua; debe tener una fuerte habilidad en el idioma Inglés.

5.5. Perfil ocupacional

Las actividades en las cuales se puede desempeñar con suficiencia el futuro ingeniero de minas son las siguientes:

En la industria minera. El ingeniero de minas se podrá desempeñar en todos los aspectos relacionados con la parte minera (estudios topográficos y geológicos, yacimientos, levantamientos topográficos, esquemas de perforación en voladuras, sistemas y métodos de explotación superficiales y subterráneas, selección de equipos, evaluaciones técnicas y económicas, entre otros).

En el sector público. Asesoría y funciones propias de administración

En técnicas afines a la minería. Como la tunelería de proyectos hidroeléctricos especiales y obras civiles.

En funciones derivadas de la minería. Como son la consultoría, asesoría, gestión.

En la docencia. Formación de nuevos profesionales para el país.

5.6. Plan mínimo de estudios

El plan mínimo de estudios del programa de ingeniería de minas está compuesto por las siguientes áreas y porcentajes correspondientes :

Ciencias básicas	20%
Básicas de Ingeniería	20%
Aplicación de Ingeniería	30%
Socio-humanísticas	15%
Económico-administrativa	10%
Flexible	10%

Dentro de las ciencias básicas se consideran los siguientes campos temáticos :

- **Matemáticas:** Comprende las siguientes asignaturas: Matemáticas I, Matemáticas II, Matemáticas III, Ecuaciones Diferenciales, Geometría, Álgebra Lineal, Algoritmos y Programación, Métodos Numéricos y Estadística, con una intensidad equivalente semanal de 36 horas.
- **Física y Química:** Comprende las siguientes asignaturas: Química General, Física I, Física II y Física III, con una intensidad equivalente semanal de 24 horas.
- En el área de básicas de ingeniería se tendrían: Dibujo, Topografía, Mecánica del Medio Continuo, Mecánica de Fluidos, Resistencia de Materiales, Ciencia de los Materiales, Termodinámica Metalúrgica, Ingeniería Económica e Investigación de Operaciones, con una intensidad equivalente semanal de 46 horas.

Además, se agregarían a este campo las ciencias de la tierra, incluyendo geología física, mineralogía, elementos de petrografía y geología estructural, con una intensidad equivalente semanal de 24 horas.

En la formación profesional se pueden considerar las siguientes áreas:

- **Minas:** comprende las siguientes asignaturas: Ambiente subterráneo, Mecánica de rocas, Estabilidad de terrenos, Perforación y Voladuras, Minería subterránea, Minería de superficie, Manejo de materiales, Diseño y planeamiento Minero y Economía de Minas, con una intensidad equivalente semanal de 36 horas.

- **Geología:** Comprende las siguientes asignaturas: Depósitos Minerales, Prospección y Exploración minera y Evaluación y Estimación de reservas con una intensidad equivalente semanal de 12 horas.
- **Metalurgia:** Comprende las siguientes asignaturas: Preparación de Minerales, Concentración de Minerales, Metalurgia Extractiva y Diseño de Plantas Minero-metalúrgicas con una intensidad equivalente semanal de 18 horas.

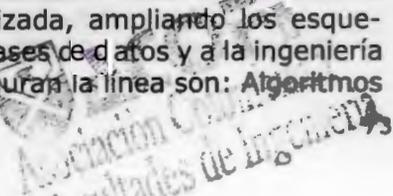
Núcleo Flexible: Comprende las líneas de profundización, cursos de contextualización y los cursos electivos. Estos cursos se seleccionan libremente por parte de los estudiantes según sus gustos, inclinaciones o intereses particulares.

Profundizaciones: los campos en los cuales la formación o la participación del profesorado en la investigación permiten ofrecer líneas de profundización, es decir, conjuntos de asignaturas que, sin implicar especialización, promueven la apropiación y aplicación de los conocimientos en un área específica.

En el plan de estudios de Ingeniería de Minas y Metalurgia, las líneas de profundización comprenden un conjunto de cuatro asignaturas con una intensidad total equivalente de 16 horas semanales.

Las líneas de profundización que tienen más acogida por parte de los estudiantes de la carrera son:

- **Cerámicos y vítreos:** Tiene como objetivo el análisis detallado de los aspectos teóricos y experimentales que intervienen en los procesos industriales relacionados con la fabricación, caracterización, control y utilización de los materiales cerámicos y vítreos. Las asignaturas que componen la línea son: Cerámicos tradicionales y vítreos, Seminario I en Cerámicos y Vítreos, Vitrocerámicos avanzados y seminario II en Cerámicos y vítreos.
- **Administración:** tiene como objetivo general capacitar a los futuros profesionales para participar más eficaz y eficientemente en las actividades de planeación, programación, control y dirección en las empresas. Las asignaturas que integran la línea son: Principios de Administración, Administración del recurso humano, Administración pública I y Teoría de mercadeo. Se tienen como cursos opcionales, Relaciones industriales y Psicología industrial.
- **Sistemas:** Su objetivo más importante consiste en promover la profundización y ampliación de conocimientos en los campos de la programación estructurada y objetualizada, ampliando los esquemas clásicos de la programación a las bases de datos y a la ingeniería de software. Las asignaturas que configuran la línea son: Algoritmos



y programación II, Bases de datos, Informática I, Informática II, Simulación de sistemas y Auditoría de sistemas.

- **Ecología y Medio Ambiente:** Se pretende con esta línea desarrollar un ambiente académico que permita el tratamiento conceptual, análisis, experimental, interdisciplinario, amplio, dinámico y flexible de los temas ambientales, que vincule la Universidad a las preocupaciones del medio por la problemática ambiental y que contribuya a crear las condiciones necesarias para la consolidación de programas de postgrado en torno a los temas ambientales. La primera asignatura de la línea se llama Fundamentos de Ecología y Medio ambiente. Las otras asignaturas se seleccionan entre un numeroso grupo de materias propuestas, según la orientación de un proyecto teórico experimental en el que debe comprometerse el estudiante interesado en esta línea.

6. Recursos específicos

El recurso fundamental para un programa de la naturaleza del de Ingeniería de Minas son los profesores. Se recomienda que las instituciones educativas cuenten con 2,5 profesores de tiempo completo por cada 50 estudiantes en el programa. Es deseable que tengan nivel de postgrado y contar, además, con algunos profesores de cátedra que puedan contribuir, con su experiencia, a la formación integral de los estudiantes.

En cuanto a los recursos físicos, es recomendable contar con:

- Laboratorios de química, física, mecánica de sólidos, mecánica de fluidos, mineralogía, petrografía, ventilación y beneficio de minerales.
- Gabinetes de topografía y fotogrametría.
- Centros de cómputo generales y especializados. Se recomienda un PC o estación de trabajo por cada diez estudiantes y software aplicable a la profesión.
- Conexiones a internet y otras redes informáticas.
- Biblioteca con un mínimo de 400 títulos relacionados con la formación básica y profesional.
- Hemeroteca con las principales revistas de la profesión.
- Planoteca con las planchas del IGAC, mapas geológicos y diseños de minas.

Soporte administrativo e investigativo

El soporte administrativo requerido para un programa de Ingeniería de Minas en el marco de una facultad de Ingeniería sería el siguiente:

Un jefe de Departamento, un Director de carrera, un Comité asesor de carrera y personal auxiliar de apoyo.

Para dar soporte a la investigación se requiere contar con centros de investigación que posean plantas de personal técnico y equipos suficientes para que los profesores participen activa y eficazmente en proyectos de investigación con miras a lograr su actualización permanente y mejorar su trabajo académico.

7. Estrategias para actualizar y modernizar el currículo

El programa de ingeniería de minas se caracteriza de la siguiente manera:

- **Misión:** Formar ingenieros con liderazgo académico, tecnológico y ético, capaces de satisfacer los requerimientos de la nación y de asegurar la calidad del servicio a la industria minera y a las entidades estatales con actividades como la docencia, investigación y la extensión, con énfasis en el diseño e implementación de sistemas geológico-minero-metalúrgico-económicos.
- **Visión:** Se busca la consolidación y reconocimiento del programa en el sector minero-metalúrgico, en las áreas de investigación de procesos industriales del sector y de gestión de la información.
- **Propósitos:** Se tienen como propósitos:
 - Contar con un profesional idóneo en la gestión de los recursos minerales.
 - Capacitar un profesional con un pensamiento y metodologías de la ciencia de tal manera que le permitan enfrentar los sistemas complejos del sector minero-metalúrgico.
- **Objetivos:** El programa tiene como objetivos
 - Formar un profesional con una mentalidad integral y compleja (físico-biótico-antrópica) para encarar los problemas presentes en los sistemas del sector minero-metalúrgico

- Contar con las técnicas y tecnologías mineras y metalúrgicas requeridas para la explotación de los recursos minerales y para la recuperación y compensación de áreas explotadas.
- **Perfiles académicos:** El programa requiere y muestra los siguientes perfiles académicos:
 - Técnicas mineras e investigación de operaciones.
 - Diseño y planeamiento minero-metalúrgico.
 - Ingeniería de procesos (modelamiento, simulación, diseño, optimización, control y evaluación de sistemas geológico - minero - metalúrgico - económicos).
 - Manejo de materiales (sistemas).
 - Restauración de terrenos (sistemas).
 - Prospección y evaluación de yacimientos minerales.
 - Ingeniería de materiales: mineralogía de procesos (caracterización de minerales) y procesos mineralógicos (estudio mineralúrgico).
 - Gestión de los recursos naturales (administración, gestión, legislación).

8. Relaciones y estrategias de la universidad con el sector productivo, el sector público y la comunidad

Para conseguir lo expresado en el apartado anterior se debe buscar un acercamiento con egresados de la carrera, asociaciones de Ingenieros de Minas y empresas afines al sector minero, con el fin de conseguir una mejor integración con aquellos que actualmente ejercen la profesión en el país, aportando así una visión diferente de los problemas reales que afronta el país y los ingenieros en particular; así mismo se enteraría a estos últimos de los esfuerzos y proyectos de cambio y modernización que se llevan al interior de la universidad.

Una de las formas de afrontar el mejoramiento del currículo y la proyección social de la Universidad es a través de la formulación de proyectos de investigación que respondan a necesidades concretas de la industria nacional y del sector público, para ello debe contarse con la

participación y apoyo decididos de todas las entidades interesadas en el mejoramiento de la profesión.

9. Recomendaciones a:

9.1. Los programas de Ingeniería de Minas

- Planes de estudio.

Estructurar los planes de tal forma que tengan una componente flexible importante.

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 presentando las asignaturas a los alumnos.
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 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.

9.2. Las instituciones de educación superior

- Educación técnica.

Es indispensable y urgente invertir en la pirámide de la educación superior en el país. La mejor forma de subir el nivel de 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.

- 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.

- 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 grado de preparación, 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.

9.3. 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.

- **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 necesitan más programas de maestría y doctorados en ingeniería. Para realizar actividades especializadas, se requieren cada vez más ingenieros con diferentes niveles de postgrado en muchas 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.

9.4. La Industria (sector productivo)

El principal papel de la industria minera tiene que ver con la razón de su actividad: invertir en la modernización de sus operaciones extractivas, en procesos que racionalicen la utilización de la energía y otros recursos naturales y en medidas preventivas frente al deterioro ambiental.

Una forma posible de vinculación de la industria con la universidad puede ser a través del patrocinio de las labores de investigación realizadas al interior de la universidad (ya sea como becas, premios o aportes a fondos para la capacitación para investigar). Se considera que las pasantías de estudiantes en las empresas darían la posibilidad de un acercamiento importante entre ambos estamentos, así como la vinculación de estudiantes y profesores a la solución técnica de problemas en sus procesos industriales, ya sea como contratos de consultoría o mediante proyectos de investigación.

Sería deseable y supremamente útil para incrementar la productividad global de la investigación que la industria compartiera con la universidad sus experiencias en las etapas post-competitivas de sus procesos. En efecto esta experiencia crea un nuevo conocimiento que no está organizado, que metafóricamente flota dentro de las compañías y que la universidad podría copiar y hacer público, ya que aquellas generalmente no tienen incentivos para hacerlo en sus propios procesos, como tarea básica de la investigación sistematizada.³

9.5. El Estado

Se considera que en el país se desconoce gran parte de su potencial de recursos minerales, por lo cual una labor de los organismos gubernamentales sería la de fomentar el conocimiento de los mismos para con ello lograr desarrollar aún más todo el potencial minero nacional; es decir, el Estado deberá enfatizar sus programas de cartografía, prospección y exploración y apoyar financieramente la investigación en el área geológico-minera que realice el binomio universidad-industria, así mismo deberá fomentar la investigación post-competitiva y la divulgación de sus métodos y alcances para que esté disponible a todos los interesados como una herramienta eficaz de transferencia tecnológica.

9.6. Las Agremiaciones

Las agremiaciones deben propugnar por promover y estimular el mejoramiento académico de la carrera a través del suministro de información, organización de cursos, seminarios y programas de capacitación docente.

¹ Castro, Néstor "Los Ingenieros de Minas de la Escuela de Minas y el sector minero" VII Congreso Nacional de Minería. Memorias, 1987

² Vargas P., Elkin. Repercusiones de un modelo de desarrollo económico sostenible en la gestión de los recursos mineros en Colombia. Capítulo 5, página 371. Desarrollo económico sostenible. Relaciones internacionales y recursos minero-energéticos. Universidad Nacional de Colombia 1997.

³ Yoshikawa, H. Intelligent Manufacturing Systems: Technical cooperation that transcends cultural differences. The University of Tokyo. 1992.

ACTUALIZACIÓN Y
MODERNIZACIÓN
DEL CURRÍCULO EN
INGENIERÍA DE
PETRÓLEOS

Documento final

BIBLIOGRAFÍA

ACOFI. Resultados del Seminario-Taller Ciencias de la Tierra. Bucaramanga, 1998.

CASTRO, N. Los ingenieros de minas de la Escuela de Minas y el sector Minero". EN: VII Congreso Nacional de Minería. Memorias, 1997

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Ingeniería de Minas y Metalurgia: Una opción con provenir. Presentación de la carrera, 1997.

VARGAS P., E. Repercusiones de un modelo de desarrollo económico en la gestión de los recursos mineros en Colombia. Capítulo 5. Desarrollo económico sostenible. Relaciones internacionales y recursos minero-energéticos. Universidad Nacional de Colombia, 1997.

YOSHLKAWA, H. Intelligent Manufacturing Systems: Technical cooperation that transcends cultural differences. The University of Tokyo, 1992

ACTUALIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CURRÍCULO EN INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

Documento final

1. Antecedentes

En el marco de las políticas de desarrollo de la Educación Superior, contenidas en el Plan de Desarrollo Sectorial "El Salto Educativo" y con la participación del ICFES en la elaboración de un documento donde se definieron tales políticas, se reconoce el papel fundamental de la Educación Superior en la formación del capital humano y en el incremento del potencial científico y tecnológico, necesarios uno y otro para responder a los nuevos retos que tiene el país. Además, se señala que la función de producción y transmisión de conocimientos debe concretarse en generar mayor comprensión sobre la realidad social del país, y que la proyección a la sociedad debe igualmente expresarse en dinamizar procesos de cambio en la estructuras sociales. Pero el Plan de Desarrollo también reconoce que este papel crucial de la Educación Superior depende en gran parte en gran parte de la capacidad de las Instituciones de Educación Superior en su infraestructura investigativa, en sus procesos pedagógicos, en sus recursos humanos y en la gestión institucional, entre otros. Por tal razón, en la política de Educación Superior se pueden destacar dos de sus objetivos:

- Avanzar significativamente en el mejoramiento de la calidad y la pertinencia de los programas de educación superior, vinculando su desarrollo al Sistema de Ciencia y Tecnología.
- Contribuir a la modernización de las instituciones de educación superior, mejorando su capacidad de gestión, promoviendo alianzas estratégicas y generando mecanismos adecuados de asignación de recursos.

Se reconoce que la capacidad de la universidad colombiana es todavía bastante débil y que demanda del gobierno un compromiso cierto y efectivo con su desarrollo para hacer realidad el discurso de la incorporación del progreso técnico a la actividad productiva y de la formación de capital humano como base de la modernización y del progreso del país.

Por todo lo anterior, el ICFES con la colaboración de ACOFI emprendieron la organización de eventos y seminarios regionales, nacionales e internacionales del proyecto de Ingenierías, y por tal motivo se realizó una reunión preparatoria en la Hemeroteca Nacional el 7 de Abril de 1995.

Teniendo en cuenta que en el país existen solamente 4 programas de Ingeniería de Petróleos establecidos, se decidió realizar un encuentro nacional con todos los programas existentes, que se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Colombiana del Petróleo (ICP) en Bucara-

manga, en el mes de Junio de 1998. Se plantearon como objetivos del encuentro nacional los siguientes:

1. Realizar un seminario taller nacional con la participación de todos los programas existentes de Ingeniería de Petróleos y La Empresa Colombiana de Petróleos (ECOPETROL) representada por el Instituto Colombiano del Petróleo, con el propósito de analizar y discutir la estructura curricular actual a la luz de los nuevos retos que impone la apertura e internacionalización de la economía, teniendo como base los siguientes antecedentes:
 - El trabajo desarrollado por ACOFI en anteriores encuentros para la actualización de los planes de estudio y el desarrollo de los programas de Ingeniería.
 - La prospectiva tecnológica en Ingeniería de Petróleos.
2. Desarrollar una propuesta nacional encaminada a modernizar los planes de estudio con un desarrollo integral que además de los aspectos científicos y técnicos se consideren los aspectos humanísticos, sociales, pedagógicos, ambientales, éticos, investigativos y administrativos, para que la formación de los futuros ingenieros responda a los nuevos retos de la ciencia, la tecnología, del sector productivo y la internacionalización del conocimiento.

Como resultado de este encuentro se elaboró un documento que contiene los elementos concertados para modernizar y actualizar los programas de Ingeniería de Petróleos.

2. Principales características de la Ingeniería de Petróleos en Colombia

Como resultado de la reunión nacional sobre actualización y modernización del currículo en Ingeniería de Petróleos, patrocinadas por ICFES-ACOFI, se hace a continuación un análisis de la situación actual de los 4 programas consolidados que se ofrecen en el país, indicando sus principales características y particularidades propias del currículo.

Normalmente se asocia el currículo con contenido de la carrera: materias, programas y temas; dejando de lado aspectos tan importantes como son los objetivos, los perfiles profesionales, los métodos y el modelo pedagógico que utiliza la carrera. Todo modelo curricular se fundamenta en una concepción teórica que incluye elaboraciones sobre el ser humano, la sociedad, la educación y la ciencia misma. Estas elaboraciones teóricas orientan las decisiones encaminadas a seleccionar los objetivos educativos. Cada elaboración teórica pueden tender

a privilegiar logros para el individuo, la sociedad y la ciencia, y esto se traduce en los objetivos. Un modelo curricular en particular se puede caracterizar con base en el énfasis que se da a algunos de los elementos mencionados. Esto no quiere decir que los demás elementos no estén presentes, sino que el aspecto central de la orientación teórica determina el manejo de conceptos relativos a los demás elementos.

Por ejemplo, un modelo curricular que privilegie la sociedad como fuente de objetivos educativos recalcará aquellos aspectos relativos a la formación del hombre como miembro activo de una sociedad, en donde predomine el logro de objetivos sociales sobre el logro de los objetivos individuales. La ciencia que se concibe como producción social estará orientada a la transformación de esa sociedad, y la educación estará concebida como un proceso de determinaciones sociales, de inculturación y socialización.

En el proceso de conceptualización de estos modelos, se suscitan ciertas controversias como las siguientes: objetivos curriculares centrados en los intereses y necesidades del alumno, versus objetivos curriculares centrados en el conocimiento; intereses y necesidades del educando, orientados al desarrollo de los saberes, dirigidos a la satisfacción de las necesidades sociales y productivas. Otros puntos de controversia han sido los siguientes: el uso del conocimiento exclusivo del individuo, versus el desarrollo del conocimiento para la solución de problemas prácticos; la formación del profesional generalista, versus la formación especialista; el currículo común para todos los estudiantes, versus el currículo individualizado con base en actividades curriculares electivas. La posición frente a estas controversias caracterizan los diferentes modelos curriculares.

Al evaluar la manera como funcionan las carreras de Ingeniería de Petróleos en el país desde el punto de vista pedagógico, habría que determinar cómo se relacionan los profesores con los estudiantes, cómo se relacionan los estudiantes con el saber, con el conocimiento; cómo se relacionan los profesores con el conocimiento; cómo se relacionan estudiantes y profesores con el entorno, con el medio circundante, con la industria, con las empresas de práctica o empleadoras, o con la problemática que vive el entorno. Este conjunto de relaciones define el modelo pedagógico, que hace parte del currículo porque forma parte de las oportunidades que se levan a dar a los estudiantes.

Gracias a los seminarios patrocinados por ACOFI-ICFES para la modernización y actualización de los currículos de Ingeniería de Petróleos en los cuatro programas que actualmente se ofrecen en el país, se ha logrado reforzar e intensificar la interacción entre las universidades colombianas con el fin de analizar la vigencia de los planes de estudio actuales en relación con los planes de desarrollo del gobierno actual,

las necesidades de recurso humano del sector productivo en la industria del petróleo y del gas a nivel nacional e internacional y la nuevas pedagogías intensivas.

Es necesario destacar que la industria del petróleo y del gas tiene un gran desarrollo económico y tecnológico en el país, equiparable a la misma industria en países desarrollados, sin embargo, a pesar de estos adelantos la situación creciente y aguda de la corrupción e inseguridad y el poco respeto por los derechos humanos y el medio ambiente conduce a determinados grupos de individuos a pasar por encima de los derechos de los demás con el fin de obtener los máximos beneficios económicos o de poder. Las instituciones de educación superior deben formar personas integrales con conocimientos técnicos, éticos, sentido social y respeto por nuestra tierra, de tal manera que sean capaces de afrontar el reto tecnológico desarrollando potencialidades que rompan el ciclo corrupción, inseguridad, violación de los derechos humanos, contaminación de nuestro medio ambiente e impunidad.

La formación humanista no debe ser sólo en abstracto, ni teóricamente, sino que para lograrla debe enraizarse en valores culturales, morales, éticos y costumbres concretas y reales. Es imperante la necesidad de insistir en la vivencia habitual de los valores que se exponen y promulgan en la universidad como en esta sociedad en crisis. La universidad en Colombia basa su prestigio en preparar a sus estudiantes en el manejo de tecnologías, y en el mejor de los casos en la formación intelectual y racional de alumno dentro de una especialización. Es decir, refina una sola fracción del alumno. La universidad tiene la oportunidad histórica, el compromiso y la misión inaplazables de humanizar a sus estudiantes para afrontar el momento actual y el futuro de Colombia.

La ley 20 de 1986 reglamentó el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Petróleos en el país, describiendo su campo de acción como consistente en:

- “Estudiar, proyectar, planear, especificar, dirigir, fiscalizar, controlar, inspeccionar, supervigilar, ejecutar y evaluar obras materiales que se rijan por la ciencia o la técnica de la Ingeniería de Petróleos, además de aprobar o recibir tales obras.
- Operar, dirigir, vigilar y atender el buen funcionamiento de las mismas obras, administrarlas y revisarlas.
- Realizar cualquier actividad conexas con una de las anteriormente enumeradas.

- Dirigir, supervisar o efectuar labores cuyo resultado final sea un documento técnico y de carácter de Ingeniería de Petróleos.
- Especificar, seleccionar o escoger materiales, equipos, métodos o ensayos necesarios para la ejecución, operación y funcionamiento de obras, instalaciones y procesos inherentes a la profesión objeto de esta ley.
- Asesorar a los organismos oficiales competentes en la inspección de la calidad de los trabajos que le sean presentados y de los materiales y equipos destinados a la industria petrolera nacional."

Esta reglamentación, aparentemente apropiada para la época en que se expidió, es incompleta porque puede dar a entender que el ingeniero de petróleo no está comprometido con la producción de conocimientos, ni con la investigación relacionada con hidrocarburos y sus yacimientos, algo que es parte fundamental en la labor que adelantan los ingenieros de petróleo, ya que mediante investigación de carácter básico deben dar lugar a la generación de conocimientos y, a través de la investigación aplicada, a mejorar los procesos existentes o en el mejor de los casos hacer innovaciones tecnológicas.

Una característica fundamental que tiene, o debería tener, el ingeniero de petróleo, y que lo distingue de otros profesionales afines, es su habilidad para proyectar industrialmente los resultados de estudios de procesos realizados a nivel de laboratorio mediante la formulación o descripción matemática de los fenómenos observados, la predicción del comportamiento del proceso a escalas mayores (yacimientos o facilidades de superficie y transporte de hidrocarburos), y la confrontación y ajuste de los parámetros físicos involucrados en los modelos matemáticos para lograr un programa, o paquete de software que permita el modelamiento del proceso a nivel del yacimiento, lo mismo que de los equipos y sistemas de tratamiento y control requeridos. Estas funciones en los campos de la producción de conocimientos y de la creación e innovación de procesos se encuentran bien definidas en los países desarrollados.

En los últimos años, debido a la preocupación por los efectos nocivos que están causando los residuos industriales, especialmente los hidrocarburos, en los ecosistemas y el agotamiento de estos, se ha establecido el concepto de desarrollo sostenible como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la posibilidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Es más, se habla de Desarrollo Humano Sostenible (DHS) que significa, en lo económico, acumulación, creatividad, eficiencia; en lo social, equidad, bienestar y respeto hacia las instituciones sociales; en lo cultural, identidad en torno a los valores y tradiciones de una comunidad; en lo

político, legitimidad y representatividad; en lo internacional, una adecuada interacción entre los países y en lo ambiental, el conocimiento y conservación de los recursos naturales, que deben transferirse a generaciones futuras en iguales o mejores posibilidades de uso. El ingeniero de petróleos tiene mucho que hacer para contribuir al logro del desarrollo humano sostenible ya que, entre otras cosas, gran parte de los procesos con hidrocarburos contaminan el ambiente con afluentes residuales y debe realizarse un gran esfuerzo para mejorar los procesos y el conocimiento de los yacimientos de hidrocarburos para disminuir los desechos. Se trata entonces de diseñar procesos limpios buscando como objetivo final el desarrollo de procesos sin desechos o, por lo menos, lograr el tratamiento efectivo de los mismos para disminuir sustancialmente la contaminación de nuestro ambiente.

La reunión realizada en junio de 1998 en Bucaramanga y en la cual estuvieron presentes los representantes del ICFES, ACOFI, ECOPETROL, El Consejo Profesional de Ingeniería de Petróleos (CPIP), la Asociación Colombiana de Ingenieros de Petróleos (ACIPET) y tres de las cuatro universidades que ofrecen el programa, concluyeron que el objeto de estudio de la Ingeniería de Petróleos es la aplicación de las ciencias físicas y matemáticas a la exploración, explotación y transporte de hidrocarburos con criterios técnicos, humanísticos y de sostenibilidad. Esta reunión permitió definir la misión de la Ingeniería de Petróleos de la siguiente forma:

“La misión fundamental de la Ingeniería de Petróleos es administrar las reservas de hidrocarburos de tal manera que estas sean explotadas técnicamente cumpliendo con los objetivos socio - económicos del país y de la industria petrolera en un marco de desarrollo sostenible.”

Perfil Profesional

- Educación y preparación para afrontar eficientemente cambios y compromisos sociales (humanísticos).
- Un buen conocimiento de una segunda lengua, preferiblemente el inglés.
- Dominar el trabajo con computadores, programas (software) y comunicaciones virtuales.
- Capacidad para trabajar en equipos humanos interdisciplinarios.
- Habilidad en diseño, creatividad e innovación.
- Formación estructurada en ciencias naturales: física, matemáticas, química, geología y sus aplicaciones.

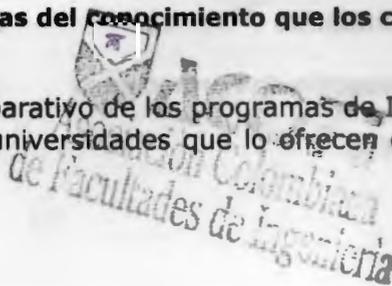
- Un buen conocimiento en el manejo y administración de negocios.
- Buen entendimiento de los aspectos éticos, ecológicos, sociales y legales de su profesión.
- Manejo integral de la formación y habilidades para comunicarse y razonar positivamente.
- Altos valores humanísticos.
- Voluntad y deseo de continuar su capacitación permanentemente.

Perfil Ocupacional

- Participar en el desarrollo y aplicación de los procesos de exploración y explotación de los yacimientos de hidrocarburos con una forma integrada de manejo de yacimiento en búsqueda del mayor recobro y rentabilidad.
- Adquirir toda la información necesaria que describa el yacimiento y generar los modelos adecuados que simulen el comportamiento del yacimiento.
- Diseñar, controlar y planear las actividades de yacimientos, perforación, producción, transporte de hidrocarburos, manejo ambiental de campos petroleros.
- Administrar de forma eficiente, competitiva y con carácter de sostenibilidad los campos petroleros, los materiales, las ventas y promoción de los equipos, materiales y servicios petroleros.
- Planear el desarrollo de las reservas para varios escenarios de desarrollo consistente con los requerimientos económicos y los objetivos del negocio.
- Participar en el desarrollo y masificación del gas natural en el país.
- Participar en equipos interdisciplinarios con visión científico - técnico - humanística en la solución de problemas concretos de la industrial petrolera.
- Participar en la planeación de la política petrolera.

De los planes de estudio y de las áreas del conocimiento que los conforman

Como conclusión de un estudio comparativo de los programas de Ingeniería de Petróleos de las distintas universidades que lo ofrecen en el



país, se han sacado por parte del CPIP, los requisitos mínimos en contenido e intensidad que debe tener el plan de estudios de cualquier programa de Ingeniería de Petróleos en el país y que deben cumplir los Ingenieros de Petróleos que estudien en el exterior y deseen trabajar en Colombia para lo cual es requisito obtener la respectiva matrícula profesional.

Se han definido cuatro áreas básicas en el plan de estudio, indicadas en el siguiente cuadro, con los respectivos contenidos e intensidades (número de materias, horas semanales y horas totales):

ÁREA	NÚMERO MATERIAS	HORAS SEMANALES	HORAS TOTALES
Ciencias Básicas Ingeniería	14	56	840
Ciencias Sociales - Humanísticas	4	16	240
Ciencias de Apoyo de la Ingeniería de Petróleos	14	56	810
Ciencias Profesión Ingeniería de Petróleos	18	72	1080

Para el caso específico del área de Ciencias Profesión Ingeniería de Petróleos, debe cumplir como mínimo con las siguientes intensidades en las sub-áreas indicadas así:

SUB-ÁREA	HORAS SEMANALES	HORAS TOTALES
Perforación	10	150
Producción	20	300
Yacimientos	24	360
Evaluación de Formaciones	18	270
TOTAL	72	1.080

El Ingeniero de Petróleos graduado en el exterior que no cumpla totalmente con las intensidades indicadas en los cuadros anteriores, debe cursar asignaturas para complementar la intensidad en cualquiera de las universidades reconocidas por el Estado. Esto busca la igualdad entre el ingeniero graduado en el exterior y en Colombia.

Por tratarse de materias propias de la Ingeniería de Petróleos en Colombia, los Ingenieros de Petróleos graduados en el exterior deben acreditar conocimientos sobre Legislación de Hidrocarburos de Colombia y Geología de Colombia, como requisito para la obtención de la matrícula. (Art.25, Parágrafo 2, Estatutos CPIP).

Características de los programas curriculares que se ofrecen actualmente

Las habilidades y herramientas del Ingeniero de Petróleos están basadas en un rango amplio de ciencias y tecnologías relacionadas que han sido enfrentadas de diferente forma por las universidades que ofrecen el programa en Colombia.

A continuación se presentan algunas de las características más sobresalientes de cada programa.

Fundación Universidad de América, FUA

La Fundación Universidad América es una institución privada. Debido a que esta Universidad se encuentra en Santa Fe de Bogotá, se considera ventajosa su cercanía a las oficinas de las compañías operadoras y de servicios y la facilidad de contratar profesores de cátedra con experiencia profesional. El programa se inició en 1.962.

Universidad Industrial de Santander, UIS

La escuela de Ingeniería de Petróleos «EIP» desde que fue creada en 1.954 ha venido evolucionando acorde con el avance tecnológico y necesidades de la Industria, capacitando su recurso humano, implementando y modernizando los laboratorios de Rocas y Fluidos, Lodos y Cementos, análisis PVT y de simulación numérica, para prestar sus servicios con calidad y eficiencia a la industria petrolera.

Su principal ventaja radica en la cercanía a los campos petroleros facilitando las prácticas, para profesores y estudiantes. La gran fortaleza del plan de estudios es el área de explotación. El programa se inició en 1.954.



Universidad Nacional de Colombia, UN - Sede Medellín

Es el programa más antiguo del país (1.941). Su ventaja primordial ha sido la estabilidad de los profesores y su dedicación exclusiva a la docencia, investigación y extensión.

El plan de estudio fue reformado utilizando las recomendaciones que salieron de las actividades realizadas por el CPIP, la Industria, la Universidad y el ICFES a comienzos de los noventa. Está conformado por un núcleo profesional y un componente flexible.

El núcleo profesional enfatiza en los principios fundamentales de la profesión, constituido por un área de ciencias básicas, común a todas las ingenierías (matemáticas, física, química, termodinámica, estadística, dibujo y geología), y un área profesional propia de la Ingeniería de Petróleos (perforación, producción, yacimientos y evaluación de formaciones).

El núcleo o componente flexible está configurados por una línea de profundización, entendida como un conjunto de asignaturas que, sin implicar especialización, promueven la aplicación y apropiación del conocimiento en un área específica, inculcando en el estudiante un espíritu investigativo, y por una línea de contextualización que se ocupa del estudiante como individuo, ubicando su experiencia personal y académica en un contexto histórico, socio-económico, político, cultural, técnico o científico y como ciudadano del mundo con un compromiso de desarrollo sostenible y respeto a la vida. Adicionalmente el núcleo o componente flexible tiene varias asignaturas de carácter electivo que le permiten intercalar con otras áreas del conocimiento y que fortalecen la formación integral del Ingeniero de Petróleos.

Las principales líneas de profundización que ofrece el programa son: Sistemas, Administración, Ingeniería de Gas Natural y Gas Licuado del Petróleo, Evaluación de Formaciones Petrolíferas y Gasíferas, Ecología y Medio Ambiente e Hidráulica. Estas líneas han cambiado radicalmente el perfil del egresado dándole una competitividad mayor en el medio productivo.

Es de anotar que la fortaleza mayor del plan de estudios corresponde al área de yacimientos, simulación y daño de formaciones.

Universidad Surcolombiana, Usco

Es el más reciente de los cuatro Programas, (1.983); su vecindad a campos petroleros del Alto Magdalena le permite contar con prácticas y facilita la consecución de Docentes Catedráticos con experiencia; su convenio Institucional con la Universidad de Oklahoma facilita el inter-

cambio académico con estudiantes y profesores para estudio de postgrado.

Desarrollo de Proyectos de Investigación con COLCIENCIAS y ECOPETROL; se está ofreciendo el Diplomado en GERENCIA DE PROYECTOS PETROLEROS. Esta en etapa de Implementación de postgrado, Ingeniería de Petróleos y Gas Natural. Se ofrecen servicios de extensión (Análisis de Laboratorio, Asesorías y Consultorías a la Industria del Petrolera).

3. Tendencias en la formación de ingenieros de petróleo en Colombia

Aquí se plantean tendencias en lo que respecta a la formación e investigación en la Ingeniería de Petróleos, buscando una orientación que permita adecuar, actualizar y modernizar los planes de estudio.

El Consejo Profesional de Ingeniería de Petróleos, CPIP, desde hace más de 10 años ha venido desarrollando programas y actividades conjuntamente con las universidades que ofrecen programas de Ingeniería de Petróleos en el país, con la industria Petrolera y con algunas entidades gubernamentales, tales como el ICFES, Ministerio de Minas y Energía, etc., con el fin de lograr que el profesional de petróleo sea el que requiere la industria y evitar que se presente una sobre-oferta en el número de graduados. Indudablemente se han obtenido varios logros en estos aspectos; sin embargo, aún falta mucho por hacer.

El dinamismo de la Industria Petrolera y la evolución en los últimos años en cuanto a la gerencia empresarial, diversificación en contratación bajo los nuevos contratos de asociación, contratación de servicios, manejo de áreas contratadas, desarrollo de campos, nuevas tecnologías, ecología y manejo ambiental, manejo social, problemas de orden público, descubrimiento de grandes yacimientos a profundidades nunca antes imaginadas, áreas geológicamente complicadas, programas de gasificación del país, etc., ha llevado a la necesidad de mantener una revisión y actualización permanente de los planes de estudio.

Tomando en cuenta lo anterior, es necesario ir adaptando los planes de estudio a este nuevo entorno y es la industria la que, acompañada del CPIP, ACOFI, ICFES y las universidades, debe sugerir los cambios para tratar de graduar el mejor profesional, con conocimientos que le permitan afrontar con éxito los retos que se presenten en la industria en el siglo XXI.

La Ingeniería de Petróleos ha tratado de mantener una fuerte formación básica científica, representada en la Matemática, Física, Química y

Mecánica de Fluidos que le dé al estudiante una estructura mental capaz de asimilar, en cualquier época de su vida, nuevos principios, fórmulas y métodos y es el apoyo básico de la formación profesional. Esta estructura es lo que identifica como ingeniero y lo diferencia del técnico.

Al entrar a analizar los planes de estudio o programas curriculares y pensar en cómo se ha venido preparando al ingeniero del siglo XXI y si su formación está de acuerdo con la situación que este ingeniero enfrentará, es necesario tomar en cuenta que un programa de Ingeniería de Petróleos debe responder a la realidad de la industria de los hidrocarburos en el país, de tal manera que el profesional tome parte activa en el fortalecimiento de las políticas de los desarrollos petroleros, tecnológicos y en el manejo racional de recursos naturales no renovables como los hidrocarburos.

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, harán 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.

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.

La apertura económica no tiene grandes efectos en la Ingeniería de Petróleos, ya que la industria de los hidrocarburos en el país se ha manejado como una economía abierta, pues no contamos con los recursos financieros y tecnológicos para desarrollarla, pero sí con los profesionales idóneos para trabajar en ella. Sin embargo, el país y la humanidad están ingresando a una época que suscita grandes interro-

gantes por el acelerado desarrollo tecnológico, el reto de la ecoeficiencia, la globalización de los mercados, su alta competitividad y las expectativas políticas y económicas internas y externas que crean retos impredecibles para la industria.

En relación con las estrategias pedagógicas que se deben involucrar para incentivar en los estudiantes la creatividad y el espíritu investigativo, se plantea lo siguiente:

- Durante el primer semestre (o año) se deberían realizar seminarios de inducción sobre la carrera, dictados por los profesores a grupos pequeños de estudiantes, con la finalidad de darles a conocer los objetivos generales y específicos, alcances y futuro del plan de estudios, motivarlos y relacionarlos con la Ingeniería de Petróleos.
- Durante el desarrollo de cada asignatura de la carrera, el profesor debe introducir actividades que involucren revisión bibliográfica, utilización de redes de información; plantearles 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.
- Seminario Alemán: discusiones sobre artículos del estado del arte.
- Solución de problemas: cuestionarios, discusiones en grupo.
- Estudio de Casos: alternativas propuestas:
 - Estudio de casos base (principios)
 - Desarrollo de proyectos tópicos (desarrollo y diseño)
 - Estudio de proyectos integrados (ciclo de vida)
- Toma de Decisiones: encontrar soluciones reales a decisiones equivocadas.
- Lluvia de Ideas: análisis de tecnologías de punta que no se aplica en el país.
- Uso de Medios Audiovisuales: películas, diapositivas, etc., sobre equipos y procesos. Soporte de las enseñanzas con tecnología de la información:

- Simuladores
 - Sistemas expertos de ayuda al estudiante
 - Sistemas basados en conocimiento en el aprendizaje
- Profesor: orientador de la discusión y el aprendizaje y permitir la creatividad y análisis crítico del estudiante.
 - Asesoría académica del profesor al alumno por computador (deseable).
 - Reflexiones del cuerpo docente sobre nuevas pedagogías y su educación continuada en aspectos pedagógicos modernos.
 - Evaluación formativa.
 - Nivel de exigencia alto (bilateral).
 - Promover la formación de grupos de investigación en los cuales se permita la participación de estudiantes de pregrado y postgrado.
 - 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.
 - Muy buen acceso a la información, con programas de intercambio de experiencias tanto a nivel nacional como internacional.
 - Mayor conocimiento de los temas de proyectos de grado.
 - Facilitar las visitas técnicas.
 - Intensificar las actividades extracurriculares que tengan que ver con la carrera.
 - Hacer una mayor difusión de los logros de los estudiantes.
 - Reducir el número de asignaturas del plan de estudios para darle al estudiante mayor tiempo de participación en su propia formación, mediante la aplicación de pedagogías intensivas.

Orientación de la Investigación en Ingeniería de Petróleos

En años recientes han aparecido publicaciones de especial interés para analizar las tendencias de desarrollo de la profesión en el próximo

futuro (Misión de Ciencia y Tecnología, "la conformación de Comunidades Científicas en Colombia", Departamento Nacional de Planeación, 1990) y (Jacques Villermaux, "Future Challenges for Basic Research in Chemical Engineering", vol. 48, No. 14, 1993), donde se plantean no solo las áreas tecnológicas que tendrán un mayor impacto en el entorno social y económico, sino también los retos futuros que tendrá la investigación científica, que normalmente se desarrolla a nivel del postgrado, maestría y doctorado en el sector energético, especialmente en la industria del petróleo y del gas. Existe un consenso entre los expertos internacionales en prever que habrá un gran impulso en campos de acción del ingeniero, conversión energética y procesamiento de recursos naturales, el control de procesos asistido por computador, el desarrollo de procesos sin desechos acompañado de los procesos tecnológicos limpios y el comportamiento fluido-roca. Los retos de la profesión a nivel mundial deben ser tenidos en cuenta por la ingeniería nacional, el sector productivo y las universidades, ya que el carácter mundial del mercado obliga a considerar la utilización de las tecnologías avanzadas de producción.

Para poder entender con propiedad la necesidad que tiene el país de ingenieros preparados para afrontar los retos futuros y que sean capaces no solo de adaptar a nuestro medio las nuevas tecnologías que vayan surgiendo, sino también de generar tecnologías en campos estratégicos, se requiere reforzar la fundamentación científica en el futuro ingeniero, impulsando y consolidando los postgrados en ingeniería. El soporte científico para la apropiación de los conceptos fundamentales necesarios para llevar a cabo los desarrollos tecnológicos en los campos de acción antes citados, lo constituye la investigación de carácter básico en tópicos tales como aquellos que a continuación se plantean y que sirven de referencia para nuestro medio, ya que ellos son considerados retos futuros en los países avanzados.

1. Descripción más exacta de sistemas complejos, donde se llevan a cabo fenómenos físico-químicos de interés en la industria del petróleo y del gas, mediante modelos físicos representativos de la realidad que se investiga:

- Materiales porosos regulares e irregulares, sólidos particulados, polvos y aerosoles.
- Sistemas cuyas propiedades son controladas por fenómenos interfaciales; por ejemplo: emulsiones, coloides, geles y espumas y flujo trifásico en medios porosos.
- Sistemas con memoria; ejemplo: fluidos no newtonianos.
- Dispersiones multifase: lodos base agua y base aceite, uso de polímeros y aditivos.
- Manejo de derrames de hidrocarburos y su simulación física.

2. Modelos Matemáticos

La tendencia que se observa es la de moverse de los modelos simplificados -lo que no ha tenido éxito en la ingeniería de petróleos-, hacia modelos más detallados basados en los principios fisicoquímicos y de flujo multifásico. La meta consiste en lograr simular de la forma más real posible el comportamiento de los fluidos presentes en el yacimiento, su transporte del yacimiento a superficie, su tratamiento y, finalmente, su transporte a las refinerías o terminales de embarque.

4. Plan básico de estudios en el programa de Ingeniería de Petróleos

4.1. 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”

La SPE (Society of Petroleum Engineers) se ha acogido a la definición de ingeniería adicionándole el núcleo básico de disciplinas correspondientes a la exploración, evaluación, desarrollo, explotación y abandono de campos petroleros y gasíferos.

4.2. Título que se Otorga

Ingeniero(a) de Petróleos

4.3. Duración

10 Semestres Académicos. El programa de ingeniería de petróleos debe ser presencial, apoyado con prácticas industriales.

Todo ingeniero debe actuar éticamente, con alto sentido de responsabilidad profesional y social, con respeto humano; consciente del uso productivo, racional y eficiente de los recursos a su disposición y de la necesidad de proteger el medio ambiente; tener la personalidad, tacto y habilidad para asumir responsabilidades y trabajar con grupos inter-

disciplinarios; con calidad humana y profesional para participar eficazmente en planes, programas y proyectos de apertura, integración y desarrollo empresarial, industrial, comercial y de servicios.

4.4. Perfil de Personalidad

- Sentido universal de la profesión, para desempeñarse adecuadamente en la sociedad cambiante, con espíritu nacionalista y consciente del papel del papel de liderazgo que debe jugar como profesional en un país como Colombia y garantizar el progreso material y social del medio en el cual se encuentra inmerso.
- Relaciones humanas, para comunicarse horizontal y verticalmente, dar y recibir cooperación, y administrar el recurso humano a su cargo.
- Responsabilidad, para cumplir los deberes y compromisos profesionales; concentrarse en sus actividades laborales y optimizar sus resultados; identificarse con los objetivos y políticas empresariales e institucionales.
- Seguridad en sí mismo, para tomar decisiones y resolver problemas; valorarse en forma positiva; relacionarse y dirigir personal.
- Sólida formación humanística, para estudiar, analizar críticamente la historia, geografía, recursos, ciencia y tecnología y legislación petrolera, ambiental y laboral de nuestro país con el fin de desarrollar actitudes hacia la preservación de la identidad cultural, la interdisciplinariedad, el espíritu y orgullo nacionalista.
- Realizar los diseños conceptual y detallado de los procesos de flujo multifásico de fluidos, los sistemas de tratamiento de petróleo y gas y los medios de transporte de estos.
- Resolver problemas de contaminación y aprovechamiento de desechos.
- Promover el uso racional de la energía y de los recursos naturales.
- Suministrar servicios de asesoría, consultoría y asistencia técnica.
- Apropiar las tecnologías involucradas en los equipos, proceso, productos y sistemas de información, para mejorar la calidad y productividad de las empresas.
- Participar o dirigir la construcción, operación y el mantenimiento de los equipo, procesos, sistemas de tratamiento y transporte.

- Administrar industrias petroleras operadoras o empresas de servicios y coordinar sus áreas de ingeniería, financiera, legal, laboral, productiva, ventas y de política institucional.
- Lograr una alta calidad, seguridad y precisión en los trabajos de la industria del petróleo y del gas a través de la informática y la computación, dentro de un marco de economía y eficiencia y respeto por los derechos humanos.

4.5. Perfil Prospectivo

- Orientado hacia la asimilación de los avances científicos-tecnológicos.
- Actitud de apertura hacia los cambios socio-culturales propios de la globalización e internacionalización de la economía, la política y la integración del ser humano.
- Animado por el espíritu e iniciativa profesional para formular, evaluar y controlar proyectos dirigidos a la solución de problemas.
- Con la habilidad para manejar y utilizar las nuevas tecnologías informáticas y de procesamiento de la información.
- Caracterizado por el ingenio y la creatividad para presentar conclusiones y recomendaciones orientadas a solucionar los problemas prioritarios del desarrollo económico y social, empresarial, sectorial, regional o nacional.
- Con los conocimientos y destrezas que le permitan satisfacer permanentemente las necesidades y expectativas de los usuarios, clientes o consumidores de los insumos, procesos, servicios y productos químicos.
- Permanentemente interesado en adaptar y apropiar las tecnologías avanzadas y de punta a las necesidades de competitividad e internacionalización de los sectores productivos e industriales de la nación.

4.6. Plan Mínimo de Estudios con sus Áreas Básicas y sus Objetivos

Con base en los documentos presentados en el encuentro nacional y en 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 e Ingeniería de Petróleos.
- 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).
- Un componente de visitas técnicas integradas a las asignaturas profesionales.

4.6.1. Troncalidad (55% mínimo)

a. Área de ciencias básicas

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

b. Ciencias de ingeniería

Conformada por asignaturas de Termodinámica, Mecánica de Fluidos y Geología del Petróleo que tienen por su objeto estudiar las características y propiedades de los sistemas, las leyes termodinámicas y fenomenológicas, los mecanismos del transporte de momentum, calor y masa, los regímenes de flujo y las características geológicas de los yacimientos.

c. Ciclo profesional de Ingeniería de Petróleos

Aporta conocimientos y métodos investigativos que permitan al estudiante descubrir, crear, construir, manejar y comprobar conocimientos. Busca proporcionar las herramientas teóricas y técnicas para el desempeño en las gestiones de planeación, organización, ejecución y evaluación de proyectos, así como los conocimientos necesarios para solucionar problemas de ingeniería, enmarcado todo en una conciencia social, técnica, ecológica y de respeto por los derechos humanos. Comprende los cursos del núcleo profesional de la ingeniería de petróleo, que trata la perforación de pozos, fluidos de perforación y cementos, la evaluación del yacimiento, propiedades de rocas y fluidos, la producción de los fluidos del yacimiento y

su tratamiento, transporte y disposición final de los residuos sólidos y líquidos, el desarrollo, diseño, construcción y operación de plantas de tratamiento de hidrocarburos, que incluye los aspectos de diseño conceptual, diseño detallado y análisis, construcción, operación y mantenimiento, el estudio de los daños inducidos al yacimiento, el desarrollo de los campos y las técnicas de recobro mejorado. Adicionalmente trata de 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, modelos de ciclo de vida y modelos de diseño y desarrollo de los procesos, lo mismo que el uso extensivo de tecnologías de información. Esta área ha incluido convencionalmente mecánica de fluidos, yacimientos, perforación, producción, manejo de sólidos y líquidos, transferencia de calor y de masa, diseño de sistemas de tratamiento, procesos físico-químicos, diseño de equipos, control de procesos, las prácticas de operaciones y control de procesos.

d. *Administrativa y Económica*

Se ocupa del estudio de la organización y la evaluación de las inversiones en proyectos en la industria. Pertenecen a esta área asignaturas relacionadas con la informática, economía, administración y matemáticas financieras.

4.6.2 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:

a. *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, y ambiental 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.

b. *Apertura o Electivas*

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 o a cursos pertenecientes a las líneas de profundización ofrecidas por otra carrera. Se incluyen ingeniería ambiental, seguridad, salud ocupacional y otras que complementen la formación profesional.

c. *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 a otros campos. Es recomendable que las líneas de profundización se ofrezcan en los campos del conocimientos en los cuales la formación o la participación del profesorado en la investigación lo permitan. Como, por ejemplo: evaluación de formaciones, tecnología del gas natural y gas licuado, ecología y medio ambiente, economía, sistemas e informática.

4.6.3 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 básico del programa de ingeniería de petróleos:

Las áreas prioritarias de investigación que requiere el país en esta modalidad son:

- Caracterización de yacimientos
- Comportamiento de fases
- Fenómenos de superficie: roca-fluidos

- Flujo en medios porosos
- Recobro mejorado: optimización
- Impactos ambientales, remediación y restauración de zonas degradadas por hidrocarburos
- Optimización de procesos productivos y de tratamientos de fluidos
- Reingeniería de campos marginales
- Gases combustibles: evaluación, manejo, propiedades, transporte, seguridad, ecología, y medio ambiente, uso de la criogenia
- Salud, seguridad y medio ambiente en la industria pública
- Normatividad y legislación petrolera
- Prospectiva económica
- Materiales y equipos
- Corrosión
- Perforación: fenómenos que inciden y optimización
- Rompimiento de emulsiones
- Nuevos fluidos de perforación y reacondicionamiento
- Flujo multifásico
- Aplicación de redes neuronales y lógica difusa en la industria petrolera

4.7. Recursos específicos

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

- Laboratorios de química, física, mecánica de fluidos, geología, propiedades de rocas y fluidos, geología, propiedades de rocas y fluidos de yacimientos, caracterización de fluidos de perforación, reacondicionamiento y cementos, propiedades de crudos, derivados y aguas y, laboratorios de sistemas.

- En el área de computación el estudiante debe dedicar 4 horas a la semana; por lo tanto se necesita un PC o estación de trabajo por cada 10 estudiantes.
- Se necesitan cuatro (4) profesores de tiempo completo para el área profesional; el 50% con título de postgrado y el otro 50% con experiencia laboral en la industria del petróleo mínima de 3 años en el área a enseñar.
- 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.
- Actividades de bienestar universitario que cumplan lo contemplado en la Ley 30 de 1992.

COMPONENTE	% MÍNIMO SUGERIDO
TRONCALIDAD	
Área de Ciencias Básicas	25
Ciencias de Ingeniería	20
Ingeniería de Petróleos	30
Económico-Administrativas	5
Socio-Humanísticas	9
FLEXIBILIDAD	
Contextualización	3
Apertura o Electivas	3
Profundización	3,5
INVESTIGACIÓN	
Proyecto de Grado	1,5
Práctica Industrial (opcional)	1,5

4.8. Soporte administrativo e investigativo

Es indudable que para poder adelantar con éxito la actualización y modernización del currículo en ingeniería de petróleos se requiere de un soporte administrativo no sólo de la facultad 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.

Normalmente se reconoce que la administración en las universidades adolece de deficiencias que deben ser superadas para lograr agilidad en los trámites, compromiso de los funcionarios, descentralización en la toma de decisiones, eficacia en los procesos de comunicación y en la disponibilidad oportuna de información. Generalmente la estructura administrativa universitaria obedece a un modelo vertical, poco flexible, con escasa participación de los miembros de la comunidad, con una alta centralización y concentración de funciones en el primero y segundo nivel de la organización, apoyado en un recurso humano poco tecnificado y dedicado en su gran mayoría a ejecutar actividades operativas.

Adicionalmente, existen considerables dificultades debidas a la reducida capacidad de planeación y a la falta de un sistema de información confiable y oportuno sobre estadísticas básicas, indicadores de gestión académica y científica, infraestructura física y su utilización, costos por dependencia y unidad académicas que permitan determinar y financiar los gastos operativos y tener elementos para la asignación y consecución de recursos.

La administración de la universidad, en la mayoría de los casos, no se sustenta en una asignación clara de funciones y responsabilidades, lo cual da como resultado trámites excesivamente largos y engorrosos y en gran medida, establecidos por la fuerza de su inercia producto de una cultura institucional cimentada sobre la práctica.

Se debería por lo tanto plantear a nivel de la universidad una política de *modernización administrativa y desarrollo institucional* que tenga, entre otros, los siguientes objetivos: replantear la estructura organizacional de la universidad, generando niveles con mayor autonomía y funcionalidad dentro de los principios de responsabilidad, ética, eficiencia, eficacia, economía, celeridad y transparencia; establecer e impulsar una política de desarrollo y gestión de recurso humano, acom-

pañada de programas y proyectos tendientes a potenciar su desarrollo integral y, sobretudo, la capacidad investigativa y de utilización de nuevas pedagogías por parte de los docentes; dotar a la universidad de herramientas gerenciales que le permitan incorporar criterios de racionalidad administrativa, celeridad, oportunidad y economía; establecer e implementar un sistema de información integral en todos los niveles con metodología y procedimientos únicos que permitan la interacción de las diversas dependencias, como apoyo a la gestión administrativa.

En cuanto al soporte investigativo se requiere que dentro de los planes de desarrollo de las universidades se incluyan y se lleven a cabo acciones tendientes al desarrollo de la capacidad de investigación de los profesores que lo requieran, así como un apoyo verdadero y decidido a aquellos que están realizando investigación con ingentes esfuerzos. La inserción colombiana a nivel internacional en los frentes económico, científico, tecnológico y humanístico, así como el cambio sustancial en la política de desarrollo científico y tecnológico, cristalizada en la ley marco de Ciencia y Tecnología, plantean nuevos retos y desafíos que las universidades colombianas deberán emprender mediante una fuerte renovación y fortalecimiento académico e investigativo, con el fin de poder participar activamente en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y permitirle al país disponer de esta capacidad para ingresar estratégicamente en el contexto internacional.

Para poder fortalecer la capacidad de investigación en las universidades es necesario adelantar proyectos en al diferentes áreas relacionadas con este objetivo. De esta manera se atenderán tanto aquellos grupos de investigación consolidados que ya cuentan con una infraestructura básica y que requieren de apoyo para mantener las dinámicas nuevas y, de otra parte, se orientarán recursos hacia el impulso a nuevos campos que vayan surgiendo como resultado del mayor énfasis otorgado a la investigación tanto en el pregrado como en postgrado y de la vinculación de los resultados de la misma a la solución de problemas nacionales.

Las universidades deben considerar igualmente importantes los diversos retos que plantea la investigación, tanto para las áreas de desarrollo tecnológico, como para las ciencias naturales, las ciencias sociales y humanas, la cultura y el arte. Sin embargo, dadas las restricciones presupuestales generalmente presentes, debe reconocerse la necesidad de jerarquizar campos de acuerdo con los criterios que establezcan los planes de desarrollo del país y los fines específicos de cada universidad en particular. Formar profesionales con competencias investigativas es una necesidad prioritaria para cualquier país que se proponga asumir un papel significativo en el mundo contemporánea. Dichas competencias sólo se adquieren mediante el contacto con un ambiente

en el que la actividad investigativa se desarrolla en forma permanente y rigurosa.

Se debe, por lo tanto, emprender un plan de desarrollo de la investigación en las universidades, con el objeto de fortalecer la política de institucionalización de la actividad investigativa, reorganizar la estructura administrativa como soporte de esta actividad y proponer ajustes a la reglamentación de dicha actividad. También, se debe fortalecer la infraestructura investigativa mediante la adquisición y reparación de equipos, dotación de elementos y reactivos para los laboratorios, material bibliográfico, perfeccionamiento, conformación de redes y vinculación a ellas, contratación de profesores visitantes y pasantías internacionales y la construcción y remodelación de espacios.

Se requiere la inclusión de los procesos de autoevaluación y acreditación en los programas de ingeniería, especialmente en ingeniería de petróleos, procesos de motivación que muestren la autoevaluación y la acreditación como beneficiosas para la institución, los profesores, los estudiantes, el personal administrativo y las directivas por medio de foros, publicaciones, correo interno, seminarios, entre otros, que hagan partícipes de la autoevaluación y la acreditación a todo el estamento universitario.

Tomando, adicionalmente, la acreditación como un proceso gradual, selectivo, con objetivos realizables y alcanzables, con una metodología validada que permita parámetros objetivos y subjetivos, y obtener así resultados a corto, mediano y largo plazo con el apoyo de pares institucionales o de expertos.

5. Estrategias para actualizar y modernizar el currículo

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

- El establecimiento del compromiso serio por parte de las directivas universitarias para sacar adelante el proceso de actualización y modernización del currículo en ingeniería de petróleos.
- Elaborar planes para realizar la transformación cultural a nivel docente, administrativo y estudiantil.
- Capacitar a todos los docentes en pedagogías intensivas.

- Elaborar un plan -y ejecutarlo- de formación a nivel de doctorado para los docentes universitarios.
- Fortalecer la infraestructura física de las universidades (bibliotecas, laboratorios, salas de cómputo, sitios de estudio para los estudiantes, etc.).
- Hacer revisiones continuas de los planes de estudio para tener en cuenta los nuevos cambios y tomar las medidas pertinentes.
- Se debe impulsar la flexibilidad en los planes de estudio versus el alargamiento o recorte: existe consenso en cuanto a que el pensum no debe ser exageradamente profesionalizante, que se debe descongestionar y racionalizar los contenidos, integrado más la troncalidad e la carrera y conservando, claro está, la identidad de lo que debe ser el ingeniero de petróleos.
- Los programas de ingeniería de petróleos 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 de petróleos con el fin de fortalecer las habilidades investigativas del estudiante.
- Se recomienda la realización de prácticas industriales por parte de los profesores y de los estudiantes, pero queda a criterio de cada universidad al 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.
- El egresado del programa de ingeniería de petróleos debe tener bases esenciales en otro idioma; particularmente debe salir con bases sólidas por lo menos en el idioma inglés.
- El ingeniero de petróleos 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 lleve a prepararse en este aspecto.

- La computación e informática son elementos básicos dentro de la formación en cualquier rama de la ingeniería y se considera que es una herramienta que el estudiante debe poder manejar en cualquiera de sus asignaturas.
- En general los programas de ingeniería de petróleo deben buscar caracterizarse por su intercambiabilidad, por lo menos en lo que respecta a la troncalidad de la carrera.
- Los programas y desarrollos curriculares deberían estar ligados a programas de investigación.
- No debe desligarse el postgrado del pregrado; el postgrado debe fortalecer al pregrado.
- Se recomienda la realización periódica de seminarios sobre temas de interés tanto para estudiantes como para profesores. Algunos tópicos para dichos seminarios podrían ser: métodos y técnicas de investigación; 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 la carrera de Ingeniería de Petróleos, tanto a nivel nacional como internacional.
- Establecer un plan de acción serio con objetivos a corto, mediano y largo plazo, con objetivos medibles y tareas concretas y repartidas, con la participación de la universidad, el estado y la industria.
- Soportar los procesos educativos articulando profesores científicos expertos en estadística, métodos industriales, perforación, yacimientos, producción, evaluación de formaciones, microeconomía, diseño curricular, computadores y electrónica.

6. Relaciones y estrategias de la universidad con el sector productivo, el sector público y la comunidad

La ingeniería de petróleo es el nicho donde reside el recurso humano de la industria del petróleo y del gas; continuará jugando un papel importante en el mantenimiento de la competitividad y manejo de recursos del país y tiene su justificación de ser dentro del mundo en que

vivimos, siendo esa la manera de acercar la Universidad a la realidad. La respuesta exitosa no depende únicamente del ingeniero de petróleos sino de un proceso estructurado de creación de habilidades en la educación académica y en la respuesta que esté presente durante el desarrollo de su profesión. El reto de administrar y mejorar la industria del petróleo es y continuará siendo el mayor reto de la ingeniería de petróleos. El estudiante de ingeniería de petróleos, 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. Si consideramos que la ingeniería es una disciplina que aplica conocimientos para el beneficio general y la satisfacción de las necesidades humanas, se espera entonces que un ingeniero posea educación, conocimientos, habilidades y capacidad de interacción con el sector productivo, el sector público y la comunidad en general. Para que el estudiante adquiera esa capacidad de interacción con el medio en el que se va a desempeñar como profesional, se requiere que la Universidad tenga unas relaciones de beneficio mutuo con los sectores mencionados y la comunidad.

6.1. Relación de la universidad con el sector productivo

En los encuentros "ICFES-CPIP-Universidad-Sector Productivo-ACIPET", llevados a cabo a principios de los 90, se planteó que el sector productivo está inquieto por la creciente sobre-oferta de profesionales en determinadas áreas y que espera que la universidad le pueda ser útil en su desarrollo de tecnología, en su desarrollo administrativo y en su visión de la competitividad. Adicionalmente, se reconoció el dinamismo de la industria y la evolución en los últimos años en cuanto a la gerencia empresarial, diversificación en contratación bajo los nuevos contratos de asociación, contratación de servicios, manejo de áreas contratadas, desarrollo de campos, nuevas tecnologías, ecología y manejo ambiental, manejo social y de problemas de orden público, descubrimientos de yacimientos a profundidades nunca antes imaginadas, áreas geológicamente complicadas, programas de gasificación, etc., que hacen necesario ampliar y fortalecer las relaciones entre los dos sectores. Pero la realidad parece ir en dirección diferente: la universidad generalmente se percibe como un lugar un tanto desvinculado de la realidad nacional, una torre de marfil, un lugar donde se enfatiza en la teoría pero se descuida la práctica. La industria se percibe como la realidad de la práctica profesional. Pero analizando en detalle, el énfasis de esta práctica profesional está muy cargado hacia la producción y menos hacia el desarrollo tecnológico, hacia la innovación de procesos, tecnologías de punta, etc. Por otro lado, la formación universitaria en ciencias básicas, en fundamentos fisicoquímicos, análisis, simulación y diseño de procesos, y en mayor medida a nivel de post-

grado, parece más orientada hacia el desarrollo tecnológico que hacia la producción y la gerencia.

La formación universitaria y la práctica profesional son divergentes. ¿La vinculación de la universidad a la realidad nacional debe implicar un cambio en su orientación teórica y conceptual, hacia la formación de ingenieros de producción, operarios calificados y administradores de recursos? O, ¿se requerirá la formación de dos tipos de ingenieros: uno formado como ingeniero de producción y otro formado para realizar investigación científica y tecnológica, quién continuaría eventualmente con la Maestría y el Doctorado?

La universidad, por su parte, debe buscar un acercamiento con la industria de tal forma que dicha relación enriquezca ambas partes. Para el desarrollo del sector productivo colombiano es necesario que éste se vincule activamente en la formación de los futuros profesionales, que luego les servirán de soporte ante las nuevas perspectivas que se plantean, las cuales requieren de alta calidad y competitividad no sólo en la parte profesional, sino también en la parte humana.

Para tratar de resolver esta falta de interacción provechosa entre la universidad y el sector productivo se requiere crear unos canales de comunicación entre ellos con la colaboración del Estado, y mediante el empleo de algunas estrategias que se plantean a continuación:

- Se debería impulsar en las universidades la creación de oficinas de relaciones interinstitucionales que sirvan de interfase y promoción de las relaciones con las empresas industriales y el sistema nacional de ciencia y tecnología.
- También tener a nivel nacional un sistema Tecnología-Industrial en el cual algunos elementos, tales como los centros de investigación, las instituciones de educación superior y las empresas, desempeñen su papel de manera activa y se produzca una serie de interacciones entre ellos. El sistema debería estar provisto con diferentes instrumentos que promuevan y desarrollen este tipo de relaciones (por ejemplo, contratos de investigación y desarrollo, licencias de patentes, programas gubernamentales de investigación y desarrollo, etc.), y de estructuras (administración pública, unidades de interfase, etc.). Con base en estas condiciones se podría construir un modelo innovador, el cual no solamente intentaría representar la realidad de la mejor manera posible, sino que ayudaría a comprender cómo se pueden establecer las interacciones y cuáles serían los instrumentos y estructuras más apropiados para llegar a un sistema en el que pueda tener lugar la innovación tecnológica, como el trabajo que viene realizando el Instituto Colombiano del Petróleo - ECOPETROL

con el sector universitario para fomentar el desarrollo de centros de investigación aplicados a la industria petrolera y del gas.

- Las oficinas de relaciones interinstitucionales, creadas en la universidades, deben desempeñar una función central de interacción entre la universidad y las empresas, las instituciones oficiales y las interfaces próximas a las empresas, éstas últimas facilitadoras, multiplicadoras y canalizadoras de la acción de las oficinas de interacción con la industria.
- El papel de las administraciones en el seno del sistema nacional de ciencia y tecnología serían claves en la definición de prioridades científico-técnicas, en las relaciones que se deben establecer entre la ciencia y la tecnología, en la asignación de recursos para cada programa de investigación y desarrollo, en la fijación de estímulos a los equipos de investigación y desarrollo, en el desarrollo jurídico-administrativo para estas actividades, en la creación de organismos de interfase, en la puesta a punto de instrumentos específicos para favorecer la interrelación de los elementos del sistema y, en fin, en la consideración de la política científica, no como una política sectorial con un fin en sí misma, sino como un instrumento de las diferentes políticas sectoriales.
- Los grupos de investigación de las universidades pueden y deben tener total independencia para generar, por sí mismos, un gran dinamismo interactivo, y la oficina de relaciones interinstitucionales debe reconocer, apoyar y facilitar esta actividad.
- Las oficinas que se creen deben estructurar su autonomía y ampliar su campo de acción utilizando, por lo menos, los servicios de las interfaces próximas a las empresas que ofrezcan el sistema colombiano.
- El sector productivo debe tomar la decisión de invertir mucho más en investigación, en transferencia de tecnología y en afrontar la posibilidad de crear tecnología.

6.2. Relación de la universidad con el sector público

De acuerdo con el DOCUMENTO CONPES DE EDUCACIÓN SUPERIOR (Carta ICFES, junio, 1995), uno de los objetivos principales de la política de Educación Superior del actual Gobierno es el de *"contribuir a la modernización de las instituciones de educación superior, mejorando su capacidad de gestión, promoviendo alianzas estratégicas y generando mecanismos adecuados de asignación de recursos"*. Se reconoce la debilidad que generalmente se tiene en las universidades en lo que respecta a la capacidad de gestión institucional, sobre todo con el sec-

tor público. Se considera a la universidad colombiana como su agente principal para la formación del recurso humano, el cual corresponde al factor más importante para desarrollar una estrategia nacional en el campo de la investigación aplicada y de la innovación y el cambio técnico. Sin embargo, este agente principal tiene una capacidad todavía bastante débil y que demanda del gobierno un compromiso cierto y efectivo con su desarrollo, para hacer realidad el discurso de la incorporación del progreso técnico a la actividad productiva y de la formación de capital humano como base de la modernización y del progreso del país. Por lo tanto, para poder hacer realidad esta política del Gobierno denominada "El Salto Educativo", se requiere una participación y gestión más activa por parte de las universidades en lo que tiene que ver con el desarrollo de dicha política a través de el Sistema de Ciencia y Tecnología, el cual tiene que marchar de la mano con el Sistema de Educación Superior, puesto que son complementarios.

La política de Ciencia y Tecnología debe principalmente definir campos estratégicos de investigación y adelantar las acciones prioritarias, de acuerdo con los intereses y necesidades nacionales, apoyándose para ello en el sector institucional de la educación superior. La política de Educación Superior debe fomentar niveles más altos de calidad en el quehacer académico del conjunto de las instituciones: promover entre ellas la producción, circulación y transferencia de saberes de modo que un mayor número de profesores, investigadores y estudiantes se beneficien con los adelantos conseguidos; procurar que las instituciones, de educación superior, como organizaciones inteligentes gestionen la consecución y hagan un mejor uso de sus recursos; y asegurar el desarrollo regional de la educación superior para acercarla más a las realidades y a los esfuerzos del sector productivo, del sector social y de los otros niveles de la educación.

Como estrategias para lograr un mejor provecho de la relación con el sector público se recomienda:

- Difundir oportunamente entre los estamentos universitarios las estrategias, programas y recursos financieros disponibles para sacar adelante la política del Gobierno "El salto Educativo", lo mismo que los indicadores de gestión que serán tenidos en cuenta para la asignación de recursos adicionales de funcionamiento e inversión, y las áreas prioritarias de desarrollo conjunto entre las instituciones de educación superior.
- Promover la presentación de proyectos de investigación por parte de universidades de menor desarrollo, en asociación con instituciones más avanzadas.

- Incorporar la dimensión ambiental en los programas académicos existentes y en los que se creen.
- Promover la acreditación y la creación de sistemas de información adecuados.
- Articular la educación superior a la educación básica y media.
- Impulsar los servicios de bienestar universitario (Ley 30 de 1992).
- Fortalecer y agilizar la interacción comunicativa con las entidades del Estado encargadas de promover la política educativa del Gobierno: Ministerio de Educación, Consejo Nacional de Acreditación, ICFES, COLCIENCIAS, ICETEX.

6.3. Relación de la universidad con la comunidad

El plan de desarrollo sectorial "El Salto Educativo" señala que "la función de producción y transmisión de conocimientos debe concretarse en generar mayor comprensión sobre la realidad social del país, y que la proyección de su trabajo y de sus saberes a la sociedad debe igualmente expresarse en dinamizar procesos de cambios en las estructuras sociales. La creación y desarrollo libre del conocimiento, su transmisión a través de la docencia en la formación de los científicos, profesionales y técnicos y su utilización en los servicios a la comunidad que constituyen la tarea propia de la universidad, hacen del conjunto de las instituciones de educación superior, actores principales e indispensables de las políticas y programas gubernamentales en ciencia y tecnología". En relación con la vinculación de la universidad al entorno social, los pocos reportes conocidos denotan la poca experiencia que se tiene en esta materia. Afortunadamente para la universidad, las solicitudes de asesoría y servicios son cada vez mayores. Los procesos autogestionarios en los municipios y los barrios, generados por la descentralización administrativa han motivado en las comunidades volver su mirada hacia la universidad en busca de tecnología, de interpretación de sus procesos. No cabe duda que el papel que puede jugar la universidad en el desarrollo de la infraestructura y en la construcción de la ética del nuevo ciudadano es crucial. Se exponen a continuación algunas sugerencias para estrechar el vínculo con la comunidad:

- Establecer políticas claras para el fortalecimiento de la relación de la universidad con la comunidad.
- Impulsar los programas interdisciplinarios de apoyo a la comunidad y formular políticas de extensión universitaria de acuerdo con las necesidades de diversos sectores del país.

- Proporcionar atención a un mayor número de demandantes al programa de ingeniería de petróleos en las diferentes regiones del país.
- Destacar las funciones de extensión y difusión que cumplen los diferentes programas.
- Diseñar estrategias para promover el desarrollo de actividades que presenten la oportunidad de ofrecer beneficios sociales estimulando el desarrollo comunitario.
- Establecer convenios de interacción institucional con el sector industrial químico y con el sector de servicios relacionados con esta área.
- Proponer proyectos de investigación en temáticas prioritarias para el desarrollo económico y social, local o regional.
- Promover la vinculación de las prácticas de los estudiantes a sectores prioritarios del desarrollo económico, social y ambiental.
- Desarrollar una amplia estrategia metodológica que permita valorar el impacto de tales acciones, como también ofrecer la retroalimentación requerida.

7. Recomendaciones a:

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

7.1. Los programas de ingeniería de petróleos

- Sacar adelante el proceso de actualización y modernización del currículo de ingeniería de petróleos, 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 de Petróleos, 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 flexibilidad 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 de petróleos.
- Formación humanística del ingeniero de petróleos para afrontar los nuevos paradigmas con sentido ético, compromiso y solidaridad y que le permita destacarse por su desenvolvimiento social, humano y de desarrollo sostenible.
- Modernización de la docencia mediante el aprovechamiento de las nuevas tecnologías de la telemática, la computación y los multimedios para atender más y mejor creciente demanda.
- Desarrollar mejoras en las habilidades de comunicación oral y escrita de los estudiantes, exigiéndoles el manejo y dominio de una segunda lengua.
- Fortalecimiento del sistema de información y documentación.
- Impulso a la participación en los sectores social y productivo.
- Desarrollo de los postgrados.
- Desarrollar sistemas de evaluación más flexibles y universales exigiendo gran calidad en los trabajos ejecutados.
- Desarrollar mayor responsabilidad del estudiante en el proceso de aprendizaje.
- Capacitar al estudiante en la autocrítica para buscar la excelencia.

7.2. Las instituciones de educación superior

- La formación 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 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, Ministerio de Educación, Consejo Nacional de Acreditación, 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.

7.3. ACOFI

- A la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI, 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 y las universidades.
- Continuar la asesoría a los programas de ingeniería 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.

7.4. El 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 perspectiva 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.
- Permitir y apoyar la realización de proyectos de grado y tesis de postgrado que traten de resolver algunos de los problemas ingenieriles que manejen en la industria del petróleo y del gas.
- 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.

7.5. El Estado

Al estado se le recomienda fundamentalmente la asignación de recursos suficientes para que, sobretodo, las universidades estatales pueden 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 promuevan 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. Al Consejo Nacional de Acreditación que establezca y actualice permanentemente los requerimientos de acreditación de los programas de ingeniería.

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.

7.6. El CPIP y ACIPET

Motivar y colaborar con el gobierno y la universidad en cuanto a los cambios que deben hacerse a los planes de estudio y plantearle a la industria un enfoque diferente en cuanto a las prácticas de vacaciones industriales y pasantías, mostrando los beneficios que traen a los estudiantes, la universidad y el sector productivo.

8. Conclusiones

- La ingeniería de petróleos está enfrentada a problemas desafiantes que requieren soluciones originales a corto y a mediano plazo que permitan incrementar el recobro de hidrocarburos sin comprometer la sostenibilidad de estos.
- Se requiere la identificación de las necesidades y los problemas presentes y futuros de la industria petrolera y nuestra sociedad en general, para que los esfuerzos en la formación de ingenieros 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, valores éticos, para humanizar a los estudiantes y convertirlos en ciudadanos comprometidos consigo mismos y con nuestro país.
- Debe incrementarse la capacidad de gestión empresarial de nuestro propio desarrollo científico-tecnológico mediante la conformación de grupos de investigación interdisciplinarios.

BIBLIOGRAFÍA

ACCREDITATION BOARD FOR ENGINEERING AND TECHNOLOGY - ABET-. ABET Engineering Criteria 2000. Draft No.4. July 30, 1995.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE FACULTADES DE INGENIERÍA -ACOFI-, INSTITUTO COLOMBIANO DE FOMENTO A LA EDUCACIÓN SUPERIOR - ICFES-. Requisitos para la Creación y Funcionamiento de Programas. Bogotá, Colombia. 1995.

CONSEJO NACIONAL DE ACREDITACIÓN -CNA-. Lineamientos para la Acreditación. Santa Fe de Bogotá, Junio 1996.

CONSEJO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS -CPIP-, ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIEROS DE PETRÓLEOS (ACIPET). EN: Seminario Nacional para la Actualización y Modernización de la Curricula de Ingeniería Aplicada a las Ciencias de la Tierra. Bucaramanga, Mayo 1998.

INSTITUTO COLOMBIANO DE FOMENTO A LA EDUCACIÓN SUPERIOR - ICFES-. Carta ICFES No. 26. Bogotá, Junio 1995.

INSTITUTO COLOMBIANO DE FOMENTO A LA EDUCACIÓN SUPERIOR - ICFES-. Educación Superior: Compendio de Normas Ley 30 de 1992. Bogotá. Junio 1995. p. 9-43.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - VICERRECTORÍA ACADÉMICA - COMITÉ DE PROGRAMAS CURRICULARES. Reforma Académica: Documentos. Santa Fe de Bogotá, 1995.

ZAPATA, C. E. Seminario Nacional para la Actualización y Modernización de la Curricula de Ingeniería Aplicada a las Ciencias de la Tierra. Desarrollo de las Comisiones de Trabajo, Relatoría. Bucaramanga, Junio 1998.

Asistentes al Seminario Nacional para la Actualización y Modernización de la Currícula en Ingeniería Aplicada a las Ciencias de la Tierra

ACOFI- Universidad Javeriana

ACOFI- Universidad Nacional

ACIPE- CPIP

ICFES

INGEOMINAS

INGEOMINAS

ICP

ICP

ICP

ICP

ICP

ICP

ICP

SER

UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

UNIVERSIDAD EAFIT

UIS

UIS

UIS

UNIVERSIDAD NACIONAL- Bogotá

UNIVERSIDAD NACIONAL- Medellín

UNIVERSIDAD NACIONAL- Medellín

UPTC

UPTC

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Jorge Ignacio Vélez Múnera

Jaime Salazar Contreras

Hubert Borja

Ricardo Martínez

Adolfo Alarcón

Eduardo Navas

Andres Reyes

Gladys Meza

Jesus Aristizabal

Kurt Bayer

Yolanda Gular

Carlos Medina

Eduardo Villegas

Pedro Amaya

Gerardo Beltrán

Michel Hermelin

Edith Ariza Avila

Hernando García

Ivan Uribe Pérez

Carmen Helena Zapata

William Castro

Isabel Rey Z.

Luis A. Fonseca

Luis A. Cáceres

Hernando Ramírez Plazas

Elaboración de este documento, por especialidad:

Ing. Carmen Helena Zapata

Ingeniería de Petróleos

Ing. Edith Ariza Avila

Ingeniería Metalurgia y Materiales

Ing. Michel Hermelin

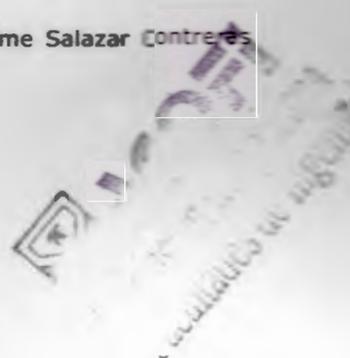
Ingeniería Geológica y Geología

Ing. William Castro M

Ingeniería de Minas

Revisión general:

Ing. Jaime Salazar Contreras



Asistentes al Seminario Nacional para la Actualización y Modernización de la Curricula en Ingeniería Aplicada a las Ciencias de la Tierra

ACOT - Universidad Javeriana	Jorge Ignacio Vélez Méndez
ACOT - Universidad Nacional	Jaime Salazar Contreras
ACTE - CERP	Hobert Boga
ICETES	Ricardo Martínez
INGENIUMAS	Adolfo Alarcón
INGENIUMAS	Eduardo Navas
ICP	Andrés Rojas
ICP	Gladye Mesa
ICP	Jose Aristizabal
ICP	Kurt Rojas
ICP	Yolanda Gutier
ICP	Carlos Medina
ICP	Eduardo Villegas
ICP	Pedro Amaya
UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Gerardo Gilván
UNIVERSIDAD EARLY	Michel Hamelin
UIS	Edith Ariza Avila
UIS	Hernando Garcia
UIS	Ivan Ude Pérez
UNIVERSIDAD NACIONAL - Bogotá	Carmen Helena Zapata
UNIVERSIDAD NACIONAL - Medellín	William Castro
UNIVERSIDAD NACIONAL - Medellín	José Ray E
UPTE	Luis A. Fonseca
UPTE	Luis A. Cáceres
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA	Hernando Ramírez Pérez

Edición de este documento, por especificidad:

Ing. Carmen Helena Zapata	Ingeniería de Petróleos
Ing. Edith Ariza Avila	Ingeniería Metalúrgica y Materiales
Ing. Michel Hamelin	Ingeniería Geológica y Geociencias
Ing. William Castro H	Ingeniería de Minas

Revisión general:

Ing. Jaime Salazar Contreras

