

**Documento Base para la elaboración de
propuesta de Condiciones de Calidad
específicas para programas de nivel
profesional universitario en el área de las
Ingenierías**

Propuesta desde las Salas de Evaluación de CONACES:

- Ingeniería, Industria y Construcción
- Tecnologías de la Información y la Comunicación (Tic)

Mayo 2016

TABLA DE CONTENIDO

O. INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES DE NORMATIVA

2. REVISIÓN DE ESTÁNDARES DE CALIDAD EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

2.1. Desarrollo de estándares en Colombia

2.2. Desarrollo de estándares a nivel internacional

2.2.1. Estados Unidos (Sistema ABET)

2.2.2. Europa (Sistema EUR-ACE)

2.2.3. Reino Unido – (UK-SPEC - *Engineering Council*)

2.2.5. Corea del Sur (KSEE - Korea Society of Engineering Education)

2.2.6. Japón (JABEE – Japan Accreditation Board for Engineering Education)

2.2.7. Australia (*Engineers Australia*)

2.2.8. UNESCO (*Engineering Report*)

2.2.9. Atributos de un Ingeniero Global

2.2.10. Enfoque CDIO

2.2.11. México (CACEI)

2.3. Estructura curricular de programas de Ingeniería

2.4. Créditos Académicos en la formación de Ingenieros

2.4.1. Definición de crédito académico

2.4.2. Análisis de distribución de créditos académicos en Programas de Ingeniería con Acreditación de Alta Calidad.

2.4.3. Número de semanas lectivas efectivas por año académico

2.4.4. Número máximo de créditos por año y por semana

2.4.5. Requerimientos de créditos con el Sistema Europeo

2.4.6. Requerimientos de créditos en Estados Unidos

2.5. La importancia de los profesores de tiempo completo

2.6. La importancia de los laboratorios, talleres y otros espacios de práctica en la formación de Ingenieros

3. METODOLOGÍA DE CONSULTA Y REVISIÓN DE LA RESOLUCIÓN

4. BIBLIOGRAFÍA

0. INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Educación Nacional, con el concurso de las Salas de Evaluación de la CONACES, particularmente la Sala de Ingeniería, Industria y Construcción y la Sala de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), ha considerado importante articular el contenido de las condiciones de calidad establecidas en la Ley 1188 de 2008 con los elementos propios de la evaluación que se llevan a cabo al interior de las salas de evaluación.

El presente documento pretende dar cuenta de la forma como esta articulación se comprende y es desplegada posteriormente en una Resolución que establece condiciones de calidad específicas para programas de nivel profesional universitario en el área de Ingenierías, adicionales a las establecidas en el Decreto 1075 de 2015.

En la misma línea, se hace necesario precisar sobre los procesos de aseguramiento de calidad de la educación superior en programas de Ingeniería y los resultados de aprendizaje al interior de los programas de la misma área; tales como las pruebas de Estado.

Lo anterior, motivado por la reciente historia de resultados de evaluación de programas al interior de las Salas, a partir de los cuáles se evidencia la necesidad de especificar y precisar sobre algunas condiciones de calidad como: denominación, contenidos curriculares, investigación, personal docente, medios educativos, infraestructura física, autoevaluación y recursos financieros.

Con este documento, se espera que las Instituciones de Educación Superior que presentan programas de ingeniería para su evaluación de Registro Calificado, tengan una herramienta que les permita comprender con mejor contexto cada condición de calidad y posteriormente esto redunde en la mejora de la calidad en la formación de ingenieros.

En su elaboración, fueron tenidos en cuenta trabajos previos de organizaciones que tratan la disciplina en el orden nacional e internacional y que son relevantes en el propósito de soportar formación en ingeniería como ACOFI, ABET, CACEI, entre otras. Además, se llevaron a cabo algunas reuniones de trabajo entre integrantes de las Salas de evaluación y representantes de algunas de estas organizaciones.

El documento está estructurado así: en un primer apartado se presentan antecedentes normativos y seguidamente la revisión de algunos estándares de calidad en la formación de Ingenieros; elementos que sirven para luego desarrollar de manera procedimental las razones de especificidad en las condiciones de calidad.

1. ANTECEDENTES DE NORMATIVA

En relación al Registro Calificado

La Ley 30 de 1992 estableció la creación de mecanismos de evaluación de la calidad de los programas académicos de educación superior. Posteriormente, la Ley 749 de 2002 dispuso que para poder ofrecer y desarrollar un programa académico, nuevo o en funcionamiento, se requiere obtener Registro Calificado.

El Decreto 2566 del 2003 reglamentó las 15 condiciones mínimas de calidad y demás requisitos para el ofrecimiento y desarrollo de programas académicos de educación superior. El Decreto 2170 de 2005 modificó la condición de Aspectos Curriculares

La Ley 1188 de 2008 reguló el Registro Calificado, y posteriormente, el Decreto 1295 de 2010 reglamentó el Registro Calificado de que trata la Ley 1188 de 2008, y la oferta y desarrollo de programas académicos de educación superior. En este Decreto se especifican, entre otros asuntos, los aspectos que se deben verificar en cada una de las 15 condiciones de calidad de un programa académico.

Recientemente, se expidió el Decreto Único Reglamentario del Sector Educación (Decreto 1075 del 2015) en el que se incluyen (en su Parte 5, Título 3, Capítulo 2, Secciones 1 a 10) lo dispuesto por el Decreto 1295 de 2015 en materia de condiciones de calidad para el Registro Calificado de programas de educación superior.

En relación al área de Ingenierías

La Ley 94 de 1937 creó el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería – COPNIA, como entidad pública que tiene la función de inspeccionar y vigilar el ejercicio de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares en general, en el territorio nacional.

Son los Consejos Profesionales los encargados de expedir la matrícula profesional que habilita para el ejercicio de la profesión. Además del COPNIA, en Colombia funcionan: Consejo Profesional de Ingeniería de Petróleos, Consejo Profesional de Ingeniería de Transportes y Vías, Consejo Profesional de Ingeniería Química, Consejo Profesional Nacional de Ingeniería Naval y Profesiones Afines, y Consejo Profesional Nacional de Ingenierías Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines.

La Ley 18 de 1976 reglamentó el ejercicio de la profesión de Ingeniero Químico en el país, reconocida por el Ministerio de Educación Nacional. Posteriormente se reglamentó el ejercicio profesional del Ingeniero de Petróleos mediante la Ley 20 de 1984 y del Ingeniero de Transportes y Vías con la Ley 33 de 1989.

La Ley 51 de 1986 y el Decreto 1873 de 1996 reglamentaron el ejercicio de la profesión en las Ingenierías: Aeronáutica, Eléctrica, Electrónica, Electromecánica, Electrónica y Telecomunicaciones, Mecánica, Metalúrgica, Nuclear y Telecomunicaciones, y se constituyó el Consejo Profesional Nacional de Ingenierías Eléctrica, Mecánicas y Profesionales Afines

La Ley 385 de 1997 reglamentó la profesión del Ingeniero Naval y profesiones afines en el territorio nacional.

La Ley 435 de 1998 reglamentó el ejercicio de la profesión de Arquitectura, creó el Consejo Profesional Nacional de Arquitectura y sus profesiones auxiliares, y estableció su Código de Ética Profesional; además se reestructuró el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería y Arquitectura en Consejo Profesional Nacional de Ingeniería y sus profesiones auxiliares, entre otras disposiciones.

El Decreto 792 de 2001 estableció estándares de calidad para programas de pregrado en Ingeniería. Posteriormente fue derogado por el Decreto 2566 de 2003 que generalizó la aplicación de dichos estándares a todos los programas de educación superior.

La Ley 842 del 2003 modificó la reglamentación del ejercicio de la Ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares, y se estableció el Código de Ética Profesional. Dicha Ley estableció que la formación de los estudiantes que aspiren a un título profesional de la Ingeniería sólo podrá ser impartida por profesionales de la Ingeniería, reconociendo la importancia de poseer formación en la disciplina que se enseña.

La Resolución 2773 del 13 de Noviembre 2003 definió algunas denominaciones básicas para programas de Ingeniería, estableció los componentes de formación del currículo de Ingeniería y el requerimiento de contar con laboratorios.

Se evidencia que el ejercicio de la Ingeniería está regulado por la normativa colombiana debido a su alto impacto social, y por ende la formación de ingenieros debe responder a unos estándares que aseguren la calidad de los profesionales.

2. REVISIÓN DE ESTÁNDARES DE CALIDAD EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

A continuación se presenta una revisión de estándares que se han desarrollado en el pasado y algunos que se encuentran vigentes tanto en el ámbito nacional como internacional, en los que se puede evidenciar una tendencia general a la implementación de estándares comunes en la formación de ingenieros, que facilitan el reconocimiento de titulaciones y la movilidad de los estudiantes y profesionales en las distintas áreas de la Ingeniería.

2.1. DESARROLLO DE ESTÁNDARES EN COLOMBIA

ACOFI (Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería) ha centrado su misión en el mejoramiento de la calidad de las actividades de docencia, investigación, innovación, desarrollo tecnológico y extensión en ingeniería, labor desarrollada desde su creación en el año 1975. La Asociación acoge el 85% de las instituciones de educación superior que ofrecen programas de Ingeniería, de las cuales 39 son oficiales y 73 privadas.

Los aportes que ha realizado esta importante Asociación al desarrollo de la Educación en Ingeniería han sido notables. A continuación se resumen los principales desarrollos logrados:

- Entre los años 1994 y 2000, ACOFI lideró la actualización curricular para programas de ingeniería, la cual se realizó para 14 denominaciones, que recogió por primera vez en Colombia la referenciación detallada de los programas de ingeniería del país. Se estableció la definición, el objeto de estudio, una aproximación a los planes de estudio y una prospectiva de las diversas profesiones, con un ejercicio que comprendió una revisión local, regional, nacional y una mirada internacional. Estos documentos fueron y son referencia para los programas de ingeniería del país.
- En la década de los 90, ACOFI lideró y elaboró un sistema de asesoría para la acreditación de programas de ingeniería, con indicadores y características especiales de esta área. Este trabajo introdujo en muchos programas de ingeniería de Colombia el concepto de alta calidad y fue referente en el Consejo Nacional de Acreditación de lineamientos específicos para programas de ingeniería (2001 y 2005).
- Sobre el tema de Registro Calificado, el antiguo ICFES, Instituto de Fomento de la educación Superior (hoy Dirección de Fomento de la Educación Superior en el Ministerio de Educación) con el acompañamiento académico de ACOFI en el año 2001, dada la proliferación de denominaciones en el área de Ingeniería realizaron un estudio que concluyó con la elaboración del Decreto 792 de 2001 del Ministerio de Educación Nacional, por el cual se establecieron los estándares de calidad en programas académicos de pregrado en Ingeniería, norma que fue referente para

las demás áreas del conocimiento. Este Decreto posteriormente fue derogado por el Decreto 2566 de 2003 en la que se incluyeron todas las áreas del conocimiento.

- En el año 2007, ACOFI publicó el documento titulado “El ingeniero colombiano del año 2020: Retos para su formación”, como resultados de 6 foros preparatorios realizados por regiones (Bucaramanga, Barranquilla, Cali, Tunja, Armenia y Bogotá) para la XXVI Reunión Nacional. Uno de los aspectos que propone el documento son las estrategias para el diseño curricular de un programa de ingeniería, proponiendo la definición del perfil profesional, estableciendo áreas curriculares, y proponiendo un conjunto de competencias para el ingeniero del año 2020.
- En relación a las pruebas de estado, ACOFI estructuró y construyó las pruebas ECAES (ahora Saber Pro), desde el año 2002 para Ingeniería Mecánica, entre 2003 y 2005 para 18 denominaciones de Ingeniería, y en 2010 elaboró el marco conceptual que sustenta las pruebas actuales. En este sentido preparó el objeto de estudio de la Ingeniería, las competencias que para la prueba son evaluables y la caracterización de algunas denominaciones de la Ingeniería.

EXÁMENES DE ESTADO EN EL ÁREA DE INGENIERÍAS

En el marco del diseño de las pruebas ECAES de Ingeniería, ACOFI estableció los contenidos programáticos a evaluar para 15 denominaciones de Ingeniería (Agrícola, de Alimentos, Ambiental, Civil, Eléctrica, Electrónica, Geológica, Industrial, de Materiales, Mecánica, Metalúrgica, de Minas, Química, de Sistemas, y de Telecomunicaciones). Como áreas de formación se establecieron: Ciencias Básicas, Ciencias Básicas de Ingeniería, Ingeniería Aplicada, y Formación Complementaria. Cada componente de formación se estructuró en sub-áreas, especificando los objetivos fundamentales de cada una en la formación del Ingeniero. Para cada especialidad de la Ingeniería, se determinaron las sub-áreas de formación pertinentes en el currículo.

En trabajo conjunto de ACOFI con el ICFES se estableció la fundamentación conceptual y especificaciones de la Prueba Saber-Pro de Ingeniería 2011-2023. Este documento establece lo que debe hacer el Ingeniero, en los siguientes términos:

- Proyectar, diseñar, fabricar, operar, mantener y renovar sistemas, procesos, ambientes y artefactos, aplicando la ciencia y la tecnología en la solución de problemas complejos para satisfacer las necesidades y demandas sociales.
- Trabajar con efectividad en equipos interdisciplinarios y multilingües, a partir de la construcción de metas comunes para el entendimiento interpersonal y la adaptación a los cambios sociales, técnicos y científicos.

- Formular y ejecutar proyectos empresariales que aumenten los niveles de productividad de la región, demostrando visión de negocios, iniciativa y espíritu emprendedor.
- Actuar con ética en el desempeño cotidiano, demostrando comprensión y cumplimiento de reglas y normas en el ámbito personal y profesional.
- Generar acciones que impacten positivamente la sociedad y el medio ambiente y contribuyan al desarrollo sostenible.
- Comprender y dominar leyes normas y fundamentos científicos y tecnológicos con el fin de evaluar e intervenir contextos de actuación de acuerdo a requerimientos establecidos.
- Aplicar procesos lógicos, abstractos y de interpretación simbólica, de acuerdo a las condiciones y necesidades de los contextos laborales, evidenciando disposición para el aprendizaje y la actualización permanente.

Las pruebas Saber-Pro aplicadas por el ICFES se definen componentes de la evaluación que guardan relación estrecha con las competencias específicas de los ingenieros. Los módulos específicos que se evalúan son:

- Indagación, Modelamiento e Incertidumbre en Ingeniería.
 - Comprender la Ciencia y sus métodos.
 - Utilizar el conocimiento científico y matemático para producir modelos que permiten predecir comportamientos.
 - Capacidad para estimar y decidir en un marco de incertidumbre.
- Manejo de la información
 - Definir protocolos para la búsqueda de información de manera organizada y sistemática.
 - Utilizar, desarrollar e integrar herramientas informáticas para el manejo de la información.
- Formulación y Evaluación de Proyectos de Ingeniería
 - Identificar y caracterizar los proyectos en un contexto determinado
 - Formular proyectos de ingeniería
 - Reconocer la responsabilidad social y ética del ingeniero en un proyecto de ingeniería
- Diseño en Ingeniería
 - Formular el problema de diseño
 - Proponer, analizar y evaluar alternativas de solución para seleccionar la más conveniente.
 - Especificar en forma detallada el producto tecnológico y sus componentes.
- Naturaleza de la Ingeniería
 - Identificar el contexto social del ejercicio de la ingeniería.

2.2. DESARROLLO DE ESTÁNDARES A NIVEL INTERNACIONAL

A nivel internacional, desde hace varias décadas, se han definido estándares para la formación de Ingenieros y el ejercicio profesional de la Ingeniería, que son ampliamente reconocidos multilateralmente a través de diferentes Convenios o Acuerdos establecidos.

En el área de las Ingenierías son numerosas las organizaciones internacionales que promueven, regulan y certifican el ejercicio profesional, las cuales establecen conjuntamente estándares que faciliten el reconocimiento mutuo de sus sistemas de acreditación o licenciamiento profesional.

En este contexto cabe resaltar que en el año 1989 se firmó el Acuerdo de Washington para el reconocimiento de sistemas de Acreditación de programas de Ingeniería, firmado por las entidades responsables de la Acreditación en: Australia, Canadá, China Taipei, Hong Kong, Irlanda, Japón, Corea, Malasia, Nueva Zelanda, Singapur, Suráfrica, Turquía, Reino Unido y Estados Unidos de América. El Acuerdo es la base para establecer si un programa de Ingeniería se puede reconocer para propósitos de licencia o matrícula profesional, empleo o admisión a un posgrado en otra jurisdicción firmante.

Este Acuerdo dio lugar al establecimiento de nuevos acuerdos para el reconocimiento de programas de formación a otros niveles. Es así como el Acuerdo de Sidney, firmado en el año 2001, establece las bases para programas de formación de 4 años, mientras que el Acuerdo de Dublín, firmado en el año 2002, establece las bases para programas de formación de 2 años.

En esta misma línea, las Asociaciones o Consejos Profesionales de diferentes países han establecido estándares comunes para el licenciamiento del ejercicio profesional en el ámbito de las Ingenierías. Es así como las licencias profesionales emitidas en un país podría ser válida en el licenciamiento en otro país a través de un Acuerdo como el liderado por APEC (*Asia Pacific Economic Cooperation*) que incluye las Asociaciones Profesionales de Australia, Canadá, China Taipei, Hong Kong, Japón, Corea, Malasia, Nueva Zelanda, Filipinas, Rusia, Singapur, Tailandia y Estados Unidos.

Es tan estrecha la cooperación internacional en la definición de estándares en los programas de Ingeniería que recientemente la Alianza Internacional de Ingeniería – IEA (responsable de los Acuerdos de Washington, Sydney y Dublín) y la Red Europea para la Educación en Ingeniería - ENAE, establecieron un conjunto de buenas prácticas en Acreditación de programas de Ingeniería, unificando terminología y criterios para acreditación de alta calidad. Estas agencias multinacionales se reúnen cada 2 años para discutir y establecer criterios comunes para la formación de ingenieros y promover la movilidad de los profesionales.

A nivel Global existen otras organizaciones que trabajan con propósitos similares. Cabe resaltar a la Federación Mundial de Organizaciones de Ingenieros (WFEO) fundada en 1968 con el auspicio de la UNESCO que agrupa a más de 90 países y 20 millones de ingenieros alrededor del mundo, y la Federación Internacional de Sociedades de

Educación en Ingeniería – IFEES que acoge Asociaciones Profesionales, Organizaciones Estudiantiles y Empresas en el ámbito de la Ingeniería a nivel mundial.

A continuación se resumen los estándares que han establecido algunos sistemas internacionales de Educación en Ingeniería, resaltando las competencias definidas con carácter obligatorio en la formación de un Ingeniero.

2.2.1. Estados Unidos (Sistema ABET)

ABET es una organización reconocida internacionalmente, que acredita los programas de ingeniería, Tecnología, Computación y Ciencia Aplicada de instituciones de Educación Superior.

Esta organización fue establecida en el año 1932 como la ECPD (por sus siglas en inglés) Consejo para el Desarrollo Profesional de los Ingenieros, como un organismo dedicado a la acreditación, regulación y desarrollo de los profesionales en ingeniería. En 1980 cambia el nombre a ABET.

En 1936 evaluó su primer programa de Ingeniería, y sus actividades a nivel internacional iniciaron en el año 1979 en Canadá. En noviembre de 2006 inició la acreditación de programas fuera de los Estados Unidos. Actualmente acredita aproximadamente 3100 programas en más de 660 instituciones en 23 países, incluyendo Estados Unidos.

ABET reúne a 31 asociaciones profesionales, de las cuales 29 son miembro en pleno. Todas las disciplinas reconocidas de las Ingenierías tienen representación en esta importante y reconocida organización. Las Asociaciones miembro son: *AAEE - American Academy of Environmental Engineers; ACerS - American Ceramic Society; ACSM - American Congress on Surveying and Mapping; AIAA - American Institute of Aeronautics and Astronautics; AIChE - American Institute of Chemical Engineers; AIHA - American Industrial Hygiene Association; ANS - American Nuclear Society; ASABE - American Society of Agricultural and Biological Engineers; ASCE - American Society of Civil Engineers; ASEE - American Society for Engineering Education; ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; ASME - American Society of Mechanical Engineers; ASSE - American Society of Safety Engineers; BMES - Biomedical Engineering Society; CSAB - Computing Sciences Accreditation Board; IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers; IIE - Institute of Industrial Engineers; INCOSE - International Council on Systems Engineering; ISA - International Society of Automation; NCEES - National Council of Examiners for Engineering and Surveying; NSPE - National Society of Professional Engineers; SAE Society of Automotive Engineers; SFPE - Society of Fire Protection Engineers; SME - Society of Manufacturing Engineers; SME-AIME - Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.; SNAME - Society of Naval Architects and Marine Engineers; SPE - Society of Petroleum Engineers; SPIE – International Society for Optics and Photonics; y TMS - The Minerals, Metals & Materials Society.*

Por más de 70 años este organismo ha desarrollado y aplicado estándares para la formación de Ingenieros que han sido adoptados por muchos otros países y sistemas de educación en Ingeniería.

En su última versión (2015), los criterios de acreditación definen 7 competencias (antes eran 11) para un Ingeniero, en cualquier especialidad:

- Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de Ingeniería aplicando las Matemáticas, la Ciencia y principios de Ingeniería
- Habilidad para aplicar tanto el análisis como la síntesis en el proceso de Diseño en Ingeniería, resultando en diseños que satisfacen necesidades específicas.
- Habilidad para desarrollar y conducir experimentación, analizar e interpretar datos, y utilizar el juicio de ingeniería para lograr conclusiones.
- Habilidad para comunicarse efectivamente ante un amplio espectro de audiencias.
- Habilidad para reconocer las responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de Ingeniería, y emitir juicios informados, considerando el impacto de las soluciones de Ingeniería en contextos sociales, ambientales y económicos.
- Habilidad para reconocer la necesidad de adquirir nuevo conocimiento, evaluarlo, integrarlo y aplicarlo apropiadamente.
- Habilidad para funcionar efectivamente en equipos, estableciendo objetivos, planes de trabajo, plazos y analizar riesgos e incertidumbre.

Adicionalmente ABET ha establecido criterios específicos para programas en los campos tradicionales de la Ingeniería: Ingeniería Administrativa, Mecánica, Ambiental, Protección al Fuego, Geológica, Industrial, de Manufactura, Materiales, Metalúrgica, de Minas, Naval, Nuclear, Oceanográfica, Óptica y Fotónica, de Sistemas, y sus áreas afines. Estos criterios definen el campo de actuación profesional, asociando las competencias del ingeniero a dicho ámbito profesional.

Así mismo ABET establece estándares mínimos para el currículum de un programa de Ingeniería, los cuales deben incluir al menos tres componentes de formación: (i) un año de formación en Ciencias Básicas y Matemáticas, (ii) un año y medio de formación en tópicos de Ingeniería, que deben incluir ciencias básicas de Ingenierías y Diseño de Ingeniería; y (iii) formación complementaria que incluye humanidades y ciencias sociales.

Se define la carga académica de un año como 32 horas semestre (equivalente en Colombia a 32 créditos académicos en períodos de 16 semanas lectivas) o un cuarto de los créditos requeridos para la graduación.

2.2.2. Europa (Sistema EUR-ACE)

En Europa se ha establecido la certificación EUR-ACE como un sistema europeo de acreditación de la enseñanza de la Ingeniería, válido para todas las áreas de la Ingeniería

y aplicable para programas de pregrado de 3 a 4 años, y programas de Maestría de 1 a 2 años.

En el sistema de educación europeo, un crédito ECTS corresponde a 25-30 horas de trabajo académico, de las cuales 10 son de trabajo directo. Un año de formación corresponde a 60 créditos ECTS.

Para programas de pregrado se establece un mínimo de 180 créditos ECTS que corresponde a 3 años de formación y hasta 240 créditos ECTS que corresponde a 4 años de formación.

Las competencias para programas de pregrado en Ingeniería se agrupan en 8 categorías:

(1) Conocimiento y entendimiento

- Conocimiento y entendimiento de las Matemáticas y otras Ciencias Básicas como fundamento a un área de especialización de la Ingeniería.
- Conocimiento y entendimiento de las disciplinas que subyacen su área de especialización
- Reconocimiento del contexto multidisciplinario de la Ingeniería

(2) Análisis de Ingeniería

- Habilidad para analizar productos, procesos y sistemas complejos en su campo de estudio; para seleccionar y aplicar métodos analíticos, computacionales y experimentales; para interpretar correctamente los resultados de dichos análisis.
- Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de Ingeniería en su campo de estudio; para reconocer la importancia de las restricciones sociales, de seguridad, ambientales, económicas e industriales.

(3) Diseño de Ingeniería

- Habilidad para diseñar y desarrollar productos (dispositivos, artefactos, etc.), procesos y sistemas complejos en su campo de estudio para satisfacer requerimientos establecidos.

(4) Investigación

- Habilidad para conducir búsquedas bibliográficas, realizar consultas de bases de datos y otras fuentes de información; llevar a cabo simulaciones y análisis en el marco de investigaciones e aspectos técnicos en su campo de estudio.
- Habilidad para consultar y aplicar códigos de práctica y regulaciones de seguridad en su campo de estudio.
- Destrezas de laboratorio/taller y habilidad para diseñar y conducir trabajos experimentales, interpretar data y sacar conclusiones en su campo de estudio.

(5) Práctica de la Ingeniería

- Entendimiento de técnicas y métodos aplicables al análisis, diseño e investigación y sus limitaciones en su campo de estudio.
- Destrezas prácticas para resolver problemas complejos.

- Entendimiento de los materiales, equipos, herramientas, tecnologías y procesos aplicables y sus limitaciones.
 - Habilidad para aplicar normas en su campo de estudio.
 - Conciencia de los aspectos económicos, organizacionales y de gestión en el contexto industrial y económico (Gerencia de proyectos, gestión del riesgo).
- (6) Emisión de Juicios
- Habilidad para recolectar e interpretar datos para emitir juicios que incuyan reflexión sobre aspectos sociales y éticos relevantes.
 - Habilidad para gestionar actividades profesionales complejas en su campo de estudio, asumiendo responsabilidad en la toma de decisiones.
- (7) Comunicación y trabajo en equipo
- Habilidad para comunicar efectivamente información, ideas, problemas y soluciones a la comunidad de Ingeniería y a la sociedad en general.
 - Habilidad para trabajar efectivamente en un contexto nacional o internacional, como individuo o como parte de un equipo, y cooperar de manera efectiva con ingenieros y no ingenieros.
- (8) Aprendizaje continuo
- Habilidad para reconocer la necesidad del aprendizaje independiente a lo largo de la vida.
 - Habilidad para actualizarse en relación a los desarrollos de la Ciencia y la Tecnología.

2.2.3. REINO UNIDO – (UK-SSPEC *Engineering Council*)

El Consejo de Ingeniería (*Engineering Council*) es el organismo que regula la profesión de Ingeniería en el Reino Unido. Actualmente mantiene los registros (licencias profesionales) de 222.000 profesionales de la Ingeniería. Este organismo se encarga de establecer los estándares de competencia profesional y ética para la emisión y retención de títulos en Ingeniería.

En el Reino Unido se han definido 3 niveles de formación en Ingeniería: (i) *Engineering Technician*; (ii) *Incorporated Engineer*; y (iii) *Chartered Engineer*. Un ***Engineering Technician*** aplica técnicas y procedimientos ya probados a la solución de problemas prácticos de la Ingeniería. El ***Incorporated Engineer*** mantiene y gestiona aplicaciones de tecnologías actuales y en desarrollo, y puede participar en tareas de diseño, desarrollo, fabricación, construcción y operación. El ***Chartered Engineer*** desarrolla soluciones a problemas de Ingeniería usando tecnologías nuevas o existentes, a través de la innovación y la creatividad, teniendo competencia en sistemas complejos con niveles significativos de riesgo.

Estos niveles podrían equivalerse en Colombia a los niveles de Técnico Profesional, Tecnólogo e Ingeniero, respectivamente.

En dicho sistema de formación, la competencia está definida como la habilidad para llevar a cabo una tarea bajo un determinado estándar. Para alcanzar una competencia se requiere un adecuado nivel de conocimiento, entendimiento, destreza y actitud profesional. La competencia se desarrolla en una combinación de aprendizaje formal e informal, entrenamiento y experiencia.

El sistema en UK define 5 áreas de competencia para cualquier profesional en Ingeniería:

- (1) Conocimiento y entendimiento
- (2) Diseño y desarrollo de procesos, sistemas, servicios y productos
- (3) Responsabilidad, gestión o liderazgo
- (4) Habilidades de comunicación e interpersonales
- (5) Compromiso con la profesión

Para cada uno de los 3 niveles de formación se define el alcance de las competencias en cada una de las 5 áreas antes señaladas.

Para el **Chartered Engineer**, que sería el nivel equivalente al Ingeniero en Colombia, las competencias establecidas son:

- Utiliza una combinación de conocimiento y entendimiento general y especializado para optimizar la aplicación de tecnología existente o emergente.
- Aplica métodos teóricos y prácticos apropiados al análisis y solución de problemas de Ingeniería (incluye la identificación de proyectos, y el diseño de soluciones de Ingeniería y su implementación).
- Ejerce liderazgo técnico y comercial (incluye la planificación y administración de proyectos).
- Demuestra habilidades interpersonales efectivas.
- Demuestra compromiso con los estándares y normas de la profesión, y reconoce sus obligaciones con la sociedad, la profesión y el medio ambiente.

2.2.5. Corea del Sur (ABEEK - Accreditation Board for Engineering Education)

El **Accreditation Board for Engineering Education** (ABEEK) en Corea fue creado en 1998 y comenzó a acreditar en 2001. Como firmate del Acuerdo de Washington, Corea aplica las mismas 11 competencias definidas inicialmente por dicho acuerdo, y le agrega la siguiente:

- Entendimiento de otras culturas y habilidad para involucrarse en cooperación internacional.

Para el currículo establecen los siguientes estándares:

- Mínimo de 30 créditos en Matemáticas, Ciencias Básicas y Computación.
- Mínimo de 60 créditos de tópicos en Ingeniería, incluyendo 18 créditos en Diseño de Ingeniería en el campo de especialización.

- Mínimo 18 créditos de estudios complementarios acordes con los objetivos de formación del programa.

2.2.6 Japón (JABEE – Japan Accreditation Board for Engineering Education)

JABEE fué fundada en 1999 con el propósito de promover la educación profesional y apoyar el fortalecimiento internacional de los programas de formación en Ingeniería. Por su enfoque, JABEE adoptó los criterios de acreditación internacionalmente aceptados. Los procesos de acreditación se iniciaron en el año 2001. En el año 2004 este organismo realizó la primera acreditación de un programa fuera del territorio Japonés, en Indonesia.

En el sistema japonés, se han definido 9 competencias para el Ingeniero:

- Habilidad para desarrollar pensamiento multilateral con conocimiento de la perspectiva global.
- Habilidad de entender los efectos e impacto de las actividades profesionales en la sociedad y la naturaleza, y de la responsabilidad social profesional.
- Conocimiento y habilidad para aplicar matemáticas y ciencias naturales.
- Conocimiento de los campos profesionales afines, y habilidad para aplicarlos.
- Habilidad para diseñar en respuesta a requerimientos de la sociedad, utilizando ciencias, tecnologías e información.
- Habilidades de comunicación
- Habilidad de aprender de manera autónoma y a lo largo de la vida.
- Habilidad de administrar y acometer tareas sistemáticamente bajo restricciones.
- Habilidad para trabajar en equipo.

2.2.7. Australia (*Engineers Australia*)

Engineers Australia es el organismo nacional en dicho país que trabaja por el avance y el desarrollo profesional de la Ingeniería, siendo la asociación profesional más grande y diversa en Australia con más de 100.000 miembros.

Esta Asociación ha establecido criterios para la acreditación de programas de formación de los niveles: *Professional Engineer*, *Engineering Technologist* y *Engineering Associate*. Dichos niveles podrían equivaler en Colombia a los de Ingenieros, Tecnólogos y Técnicos Profesionales.

Para los Ingenieros Profesionales se han definido un conjunto de competencias e indicadores de logro en 3 categorías, que se resumen así:

- Conocimiento y Habilidades de base:
 - Entendimiento y comprensión de los fundamentos que subyacen las ciencias naturales y la Ingeniería.

- Entendimiento conceptual de las matemáticas, análisis numérico, estadística y las ciencias de la información y la computación, como fundamento a una disciplina de Ingeniería.
- Entendimiento profundo de conocimiento en una disciplina de la Ingeniería
- Conocimiento de la práctica del diseño en Ingeniería y los factores del contexto que impactan en la disciplina.
- Entendimiento del alcance, principios, normas, y límites de la práctica de la ingeniería en una disciplina específica.
- Habilidad para la aplicación de la Ingeniería
 - Aplicación de métodos establecidos para resolver problemas complejos de la Ingeniería.
 - Aplicación adecuada de técnicas, herramientas y recursos de Ingeniería.
 - Aplicación de los procesos de diseño y síntesis en Ingeniería.
 - Aplicación de enfoques sistémicos para conducir y gestionar proyectos de ingeniería.
- Atributos profesionales y personales
 - Comportamiento ético y profesional.
 - Comunicación efectiva oral y escrita.
 - Pensamiento creativo, proactivo e innovador.
 - Uso profesional y gestión de la información.
 - Gestión de su conducta y desarrollo profesional.
 - Liderazgo y trabajo en equipo.

2.2.8. UNESCO (Engineering Report)

La UNESCO en asocio con la Federación Mundial de Organizaciones de Ingenieros (WFEO), el Consejo Internacional de Academias de Ingeniería y Ciencias Tecnológicas (CAETS) y la Federación Internacional de Ingenieros Consultores (FIDIC) realizó un estudio, publicado en el año 2010, en el que se identifican los retos y oportunidades de la Ingeniería en su aporte al Desarrollo. El trabajo contó con la participación de más de 120 expertos a nivel mundial. Uno de los pilares que motivó el trabajo fue la necesidad de transformar la educación en Ingeniería a través del currículo y los métodos de enseñanza para enfatizar en la relevancia de la solución de problemas en la Ingeniería.

En este documento se concibe la Ingeniería como *el campo, disciplina, profesión y arte que relaciona al desarrollo, adquisición y aplicación de conocimiento matemático, científico y técnico para el entendimiento, diseño, desarrollo, innovación y uso de materiales, máquinas, estructuras, sistemas y procesos para propósitos específicos.*

El reporte adopta la definición de competencias establecidas en el Reino Unido a través de UK-SPEC, ya tratadas en el ítem anterior, y reconoce como elementos fundamentales en la formación de un Ingeniero los componentes de Ciencias Básicas, Ciencias Básicas de Ingenierías y el Diseño en Ingeniería.

2.2.9. Atributos de un Ingeniero Global

Los procesos de globalización de la economía han generado la necesidad de mayor movilidad de los profesionales de la Ingeniería, cuyos lugares de trabajo han dejado de estar únicamente en el ámbito local. Debido a esta dinámica, las instituciones de educación, las empresas y las asociaciones profesionales proponen la formación de ingenieros con competencias que les permitan desempeñarse efectivamente en un contexto global.

La empresa BOEING y el Instituto Politécnico de Rensselaer publicaron en el año 1997 una lista de atributos deseables en un Ingeniero necesarios para desempeñarse efectivamente en una diversidad de ambientes de trabajo.

Atributos de un Ingeniero Global (*BOEING - Rensselaer Polytechnic Institute*)

- Buen entendimiento de los fundamentos de las ciencias básicas de la Ingeniería:
 - Mecánica y Dinámica
 - Matemáticas (incluyendo Estadística)
 - Física y Ciencias de la Vida
 - Tecnologías de la Información y la Comunicación
- Buen entendimiento de los procesos de Diseño y Fabricación
- Perspectiva sistémica y multidisciplinaria, con enfoque en el producto
- Entendimiento del contexto en el cual se practica la ingeniería, incluyendo:
 - Necesidades y preocupaciones de la sociedad y los clientes
 - Economía y Finanzas
 - El medio ambiente y su protección
 - La historia de la Tecnología y la Sociedad
- Conciencia de las fronteras de su propio conocimiento, y aprecio por las otras áreas de conocimientos y sus interrelaciones.
- Aprecio por otras culturas y su diversidad.
- Fuerte compromiso hacia el trabajo en equipo.
- Buenas habilidades de comunicación.
- Altos estándares éticos.
- Habilidad para desarrollar pensamiento crítico y creativo, tanto de manera independiente como cooperativa.
- Habilidad para adaptarse rápidamente a los cambios.
- Curiosidad y búsqueda permanente de nuevos retos.
- Habilidad para impartir conocimiento a otros.

Arun Patil, profesor de Monash University en Australia, propone en el año 2005 un conjunto de competencias clasificadas en 3 dimensiones:

- Competencias Duras
 - Conocimiento de los fundamentos de la Ciencia, las Matemáticas y la Ingeniería
 - Experticia en una disciplina de la Ingeniería
 - Habilidad para la solución de problemas y el Diseño en Ingeniería
 - Habilidades para la Investigación y Desarrollo
- Competencias Blandas
 - Conocimiento general
 - Habilidades de comunicación
 - Habilidades organizacionales y de gestión
 - Habilidades de negociación y para las relaciones interpersonales
 - Reconocimiento de la ética en la profesión
 - Entendimiento de los aspectos relacionados con la sostenibilidad y la seguridad
- Competencias Globales
 - Reconocimiento de los aspectos sociales y políticos globales
 - Entendimiento de los aspectos multi- e interculturales.
 - Entendimiento de la globalización de la educación en ingeniería
 - Conocimiento de los mercados laborales internacionales
 - Comprensión de los mercados económicos
 - Competencia en Idiomas extranjeros
 - Aplicación de soluciones de ingeniería en un contexto global

Investigadores de Purdue University proponen en el año 2013 el desarrollo de competencias orientadas a 3 aspectos:

- Coordinación técnica
- Entendimiento y negociación de las diferencias culturales
- Reconocimiento de la ética y las regulaciones en el ejercicio de la profesión

2.2.10. ENFOQUE CDIO

Un grupo de expertos del *Massachusetts Institute of Technology – MIT* (USA), *Chalmers University of Technology*, *Linköping University* y *Royal Institute of Technology –KTH* (Suecia) desarrollaron en el año 2000 un enfoque denominado **CDIO** (**C**oncebir-**D**iseñar-**I**mplementar-**O**perar) para mejorar la educación en Ingeniería, que actualmente se ha implementado en más de 100 prestigiosas universidades en el mundo.

El enfoque parte de la base que los Ingenieros modernos diseñan productos, procesos y sistemas que incorporan tecnología. Estos diseños deben implementarse, y finalmente puestos en operación para producir beneficio a la sociedad. Por tanto la cadena:

Concebir-Diseñar-Implementar-Operar, corresponde al ciclo de vida de un producto, proceso, proyecto o sistemas, siendo éste el ámbito de actuación propio del Ingeniero.

El enfoque CDIO propone un conjunto de competencias a desarrollar en el ingeniero, las cuales clasifica en 4 categorías, así:

- Conocimiento y Razonamiento Técnico
 - Conocimiento de Ciencias Básicas
 - Conocimiento de Fundamentos de Ciencias de la Ingeniería
 - Conocimiento Avanzado de Fundamentos de Ingeniería
- Habilidades y atributos personales y profesionales
 - Razonamiento en Ingeniería y Resolución de Problemas
 - Experimentación y Descubrimiento de Conocimiento
 - Pensamiento Sistémico
 - Habilidades y Actitudes Personales
- Habilidades interpersonales: trabajo en equipo y comunicación
 - Trabajo en equipo
 - Comunicaciones
 - Comunicación en idiomas extranjeros
- Concebir, Diseñar, Implementar y Operar sistemas en el entorno empresarial y el contexto social.
 - Contexto externo y social
 - Contexto empresarial y de negocios
 - Concebir – Diseñar – Implementar - Operar
 - Liderazgo en Ingeniería
 - Emprendimiento

2.2.11. México (CACEI- Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería Superior)

El Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería Superior (CACEI) es una asociación civil sin fines de lucro, cuyo objetivo primordial es garantizar que las instituciones de educación superior (IES) ofrezcan educación de calidad a los futuros egresados.

Entre los lineamientos que establece este organismo para programas de Ingeniería, se encuentran:

En relación a Profesores

- En Ciencias Básicas:
 - Por lo menos 20% de las horas correspondientes de las asignaturas de este grupo debe ser impartido por profesores formados en las respectivas disciplinas o en un área de la ingeniería y con un posgrado en educación.
 - Por lo menos 40% de las horas correspondientes a las asignaturas de este grupo debe ser impartido por profesores de tiempo completo.

- En Ciencias de la Ingeniería: por lo menos 40% de las horas correspondientes a este grupo debe ser impartido por profesores de tiempo completo que tengan por lo menos grado de maestría en el área de especialidad
- En Ingeniería Aplicada: por lo menos 50% de las horas correspondientes a las asignaturas de este grupo debe ser impartido por profesionales de la disciplina que tengan como mínimo cinco años en el ejercicio de la profesión (se considera como ejercicio de la profesión la participación de profesores en proyectos de vinculación con los sectores de la sociedad relevantes al programa).
- En Ciencias Sociales y Humanidades: por lo menos 50% de las horas correspondientes a las asignaturas de este grupo debe ser impartido por profesores formados en las respectivas disciplinas o con posgrado en estas áreas.
- Debe haber un número de profesores de tiempo completo que sea como mínimo el 2% de la matrícula del programa, que tengan la especialidad en éste o un posgrado y que se encuentren impartiendo clases en él.
- El promedio de la carga horaria semanal frente a grupo, de todos los profesores de tiempo completo que prestan servicio al programa no debe exceder las 20 horas por semana.

En relación al currículo

El currículo debe garantizar al menos el siguiente número de horas de formación:

- Ciencias Básicas – 800 h
- Ciencias de Ingeniería e Ingeniería Aplicada – 1300 h
- Ciencias Sociales y Humanidades – 300h
- Otros cursos – 200h

En total se recomienda un mínimo de 2600 horas de trabajo directo que en Colombia corresponden a 162.5 créditos académicos.

Los contenidos de las distintas asignaturas deben contemplar acciones para desarrollar elementos como:

- Capacidad de aplicar conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería
- Capacidad de diseñar y conducir experimentos; así como analizar e interpretar datos.
- Capacidad de diseñar un sistema, componente o proceso para satisfacer necesidades considerando restricciones reales tales como las económicas, ambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de manufactura y de sostenibilidad.
- Capacidad para trabajar en equipos multidisciplinarios.
- Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- Comprensión de la responsabilidad profesional y ética.
- Capacidad de comunicarse efectivamente.

- La educación general necesaria para comprender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global, económico, ambiental y social.
- Reconocer la necesidad y tener la capacidad de aprender durante toda la vida.
- Conocimientos de temas de actualidad.
- Capacidad de utilizar técnicas, habilidades y herramientas modernas de la ingeniería necesarias para la práctica.

EL conjunto de asignaturas optativas debe corresponder a un mínimo del 5% y un máximo del 30% del número total de horas de formación del programa.

Resumen de revisión de estándares en la formación de ingenieros:

En términos generales se puede evidenciar que a nivel internacional los sistemas de Educación han definido criterios y estándares para la formación de Ingenieros, lo cual facilita la evaluación de la Calidad en los programas, el reconocimiento de titulaciones o licenciamiento profesional, y promueve la movilidad de los profesionales en mercados globales.

La definición de competencias mínimas en la formación de ingenieros en los diferentes sistemas de educación guarda estrecha correlación, evidenciándose tendencias globales en la búsqueda de similares competencias que permitan el desempeño efectivo de los profesionales en contextos locales y globales.

Se hace indispensable definir un conjunto de competencias específicas para el ingeniero, en concordancia con los estándares internacionales de formación y los requerimientos de los sectores productivos.

Se propone entonces que todo programa de formación a nivel profesional universitario en el área de las Ingenierías, desarrolle las siguientes competencias:

- (1) Capacidad para identificar, formular y resolver problemas en su campo de actuación profesional, aplicando principios de las Ciencias, las Matemáticas y la Ingeniería.
- (2) Capacidad para diseñar y ejecutar trabajos experimentales, así como analizar e interpretar los datos obtenidos.
- (3) Capacidad de diseñar y desarrollar tecnologías, procesos, sistemas, productos o servicios que satisfagan requerimientos técnicos, y bajo restricciones económicas, sociales, de seguridad, y ambientales.
- (4) Capacidad para planificar, administrar y ejecutar proyectos de Ingeniería en su campo profesional; estableciendo objetivos, planes de trabajo, plazos de ejecución, equipos de trabajo, recursos requeridos, análisis de riesgos e impactos asociados a las actividades a desarrollar.
- (5) Capacidad para comunicarse efectivamente, de manera gráfica, oral y escrita, en aspectos técnicos de su profesión ante diferentes tipos de audiencias.
- (6) Entender los aspectos éticos asociados al ejercicio de la profesión y conocer los códigos de ética que regulan el desempeño profesional en su disciplina.

2.3. Estructura curricular de programas de Ingeniería

La formación de Ingenieros a nivel internacional presenta similitudes en cuanto al diseño curricular, en el que se pueden diferenciar al menos 4 áreas de formación: (i) Ciencias Básicas; (ii) Ciencias Básicas de Ingeniería; (iii) Formación Específica o Disciplinar; (iv) Formación Complementaria. Cada una de estas áreas tiene un propósito bien definido en la formación del Ingeniero y contribuye a desarrollar algunas competencias esenciales en el futuro profesional.

A fin de poder establecer estándares de calidad en programas académicos de Ingeniería se hace necesario definir áreas curriculares fundamentales para la formación de los ingenieros, sin afectar la autonomía universitaria ni las apuestas específicas de formación que presenta cada Proyecto Educativo.

A continuación se presentan los componentes de formación que se pueden distinguir claramente de cualquier programa de Ingeniería. La intensidad y alcance de cada componente depende de la naturaleza del área de conocimiento y del proyecto educativo de la institución.

Estos componentes deberán ser tenidos en cuenta al momento de diseñar y presentar el currículo en el marco de la solicitud o renovación del Registro Calificado de programas en el área de Ingenierías a nivel profesional universitario.

Componentes de formación

- **Ciencias Básicas:** Es el componente sobre el cual se sustenta la formación básica y científica del ingeniero, y comprende las ciencias naturales y matemáticas. Estas ciencias suministran las herramientas conceptuales que explican los fenómenos naturales que rodean el entorno. Este campo es fundamental para interpretar el mundo y la naturaleza, facilitar la realización de modelos abstractos teóricos, de tal forma que le permitan la utilización de estos fenómenos en el desarrollo de tecnología y su puesta al servicio de la sociedad. La organización de los cursos y los créditos académicos varían de acuerdo con el campo de formación y el proyecto educativo.
- **Ciencias Básicas de Ingeniería:** Es el componente que provee la conexión entre las ciencias básicas con la aplicación y la práctica de la Ingeniería. Las temáticas e intensidades varían de acuerdo con el campo de formación de la Ingeniería.
- **Formación Específica:** Es el componente en el que se realiza la aplicación de los conocimientos y habilidades, obtenidos en ciencias básicas y ciencias básicas de ingeniería, para la solución de problemas específicos en el ámbito de actuación del profesional y en concordancia con el campo de formación. Se debe evidenciar al

menos una experiencia de Diseño en el campo disciplinar a través de la ejecución de un proyecto de Ingeniería obligatorio para todos los estudiantes. Dicho proyecto debe contemplar aspectos como: desarrollo de la creatividad, definición de requerimientos, análisis de alternativas, restricciones económicas y de seguridad, evaluación del impacto de la solución desarrollada.

- **Formación Complementaria:** Este componente permite contextualizar el quehacer profesional y evaluar las implicaciones, en la sociedad y en el ambiente, de los proyectos de Ingeniería. La formación específica se puede complementar a través de ciencias humanas y sociales, ciencias económicas y administrativas, artes, cultura y deportes, legislación laboral, entre otros. Se debe fomentar una práctica ética de la profesión de acuerdo a la normatividad vigente y a las recomendaciones de los Consejos Profesionales.

2.4. Créditos Académicos en la Formación de Ingenieros

Teniendo en cuenta que en el Sistema de Educación Superior en Colombia la organización de las actividades académicas se definen en términos de créditos académicos y que la normativa vigente ha establecido la equivalencia entre horas de trabajo académico y crédito académico, resulta relevante construir un modelo que establezca la correspondencia entre los distintos niveles de formación en la Educación Superior y el número de créditos mínimo requeridos para desarrollar las competencias que se articulan a dichos niveles, en función de su alcance y complejidad.

En el marco de la autonomía universitaria, las instituciones pueden desarrollar sus programas en diferentes tipos de períodos académicos entre los cuales se puede encontrar: semestres, cuatrimestres, trimestres, u otros. En el marco de la variabilidad para la definición de los períodos académicos resulta importante la definición del número de créditos que puede ser desarrollado en dichos períodos de tal forma que se asegure la calidad en la formación y se garantice los espacios de tiempo que promuevan la formación integral de los estudiantes.

En el contexto nacional no existe actualmente un lineamiento definido en términos de créditos por nivel de formación razón por la cual se encuentra múltiples propuestas que generan una alta dispersión y dificultan establecer criterios unificados para evaluar y asegurar la calidad en los programas académicos. Esta alta variabilidad se evidencia incluso en programas con Acreditación de Alta Calidad.

En otros contextos geográficos, como la Unión Europea o Estados Unidos, se han definido número de créditos por nivel de formación y por semestres académicos lo cual conduce a homogeneizar criterios y a facilitar la movilidad estudiantil entre programas, el desarrollo de programas de doble titulación, o el reconocimiento mutuo de titulaciones o matriculas profesionales, entre otras iniciativas.

Ante lo aquí expuesto, se propone la definición de créditos académicos mínimos para la formación de Ingenieros como guía para el diseño curricular de programas, generando unicidad de criterios y estableciendo condiciones mínimas para que los programas puedan desarrollar sus propuestas académicas en un marco de referencia con estándares de calidad internacionalmente validados.

Esta propuesta se apoya en los lineamientos establecidos por las agremiaciones o asociaciones profesionales, tanto en el contexto nacional como internacional, de manera tal que el modelo propuesto incorpore dichos lineamientos y/o estándares que se han definidos para el ejercicio de la profesión en las diferentes disciplinas de la ingeniería.

2.4.1. Definición de Crédito Académico

El Decreto 1075 de 2015 establece que los créditos académicos son la unidad de medida del trabajo académico para expresar todas las actividades que hacen parte del plan de estudios que deben cumplir los estudiantes. Un crédito académico equivale a cuarenta y ocho (48) horas de trabajo académico del estudiante, que comprende las horas con acompañamiento directo del docente y las horas de trabajo independiente que el estudiante debe dedicar a la realización de actividades de estudio, prácticas u otras que sean necesarias para alcanzar las metas de aprendizaje.

Para los efectos de dicho Decreto, el número de créditos de una actividad académica será expresado siempre en números enteros, teniendo en cuenta que una (1) hora con acompañamiento directo de docente supone dos (2) horas adicionales de trabajo en programas de pregrado, lo cual no impide a las instituciones de educación superior proponer, con su debida justificación, el empleo de una proporción mayor o menor de horas con acompañamiento directo frente a las independientes.

2.4.2. Análisis de distribución de créditos académicos en Programas de Ingeniería con Acreditación de Alta Calidad

A continuación se presenta un análisis comparativo de algunos programas de Ingeniería con Acreditación de Alta Calidad vigente a Diciembre de 2015, distribuyendo los créditos académicos en los 4 componentes de formación señalados en el ítem anterior de este documento. Dado que las instituciones presentan variaciones en su diseño curricular en cuanto a áreas o componentes de formación, en este documento se ha realizado una clasificación de dichos créditos de acuerdo a la naturaleza de la asignatura o módulo en relación a los 4 componentes de formación. En algunos casos se han sumado los créditos de los componentes de formación Básica de Ingeniería y de Formación Específica por la imposibilidad de diferenciar el número de los mismos según componente.

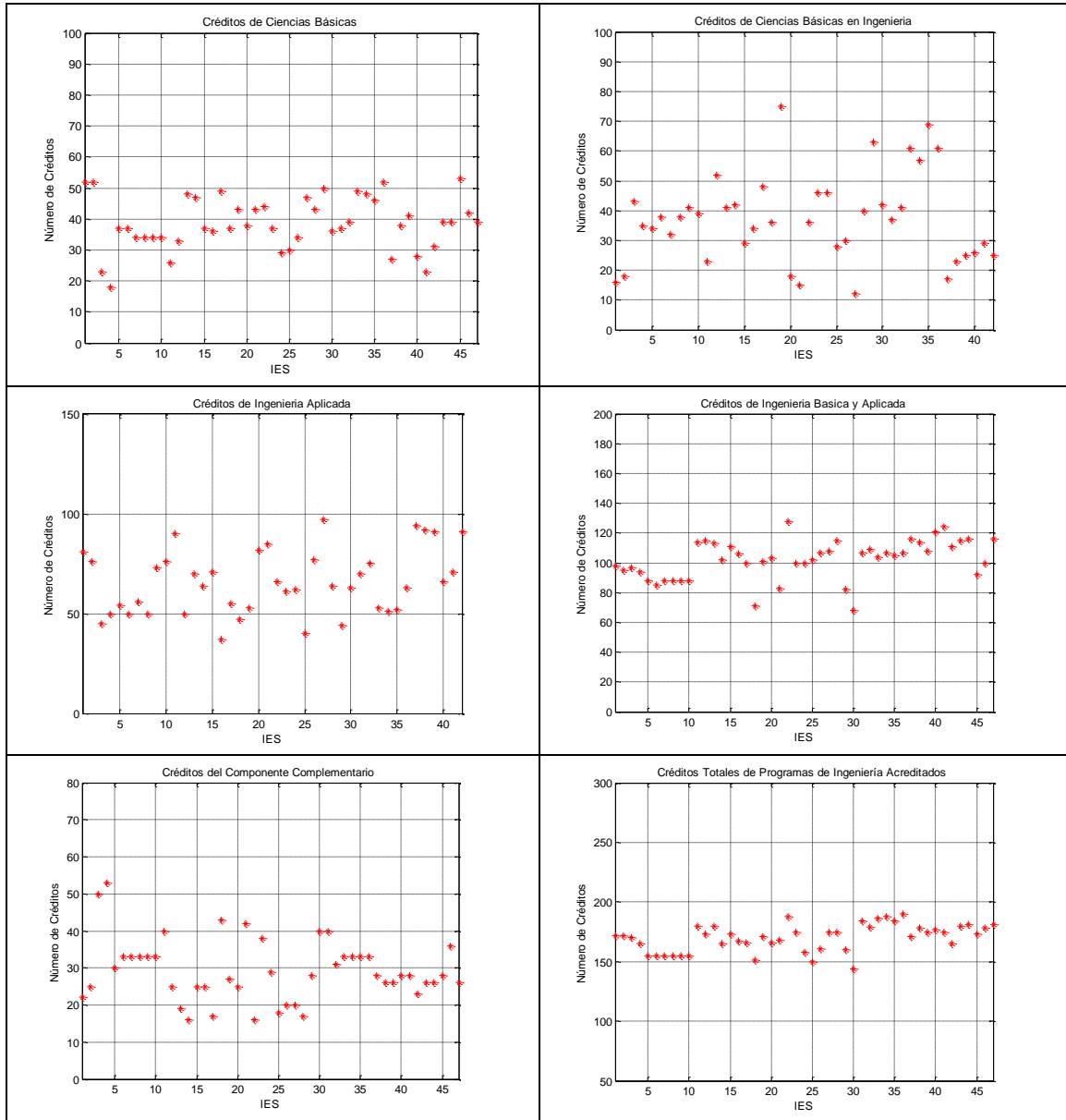
En cualquier caso, el cuadro presentado pretende ser solo una base que guíe la comparación entre programas de formación del área de Ingeniería que han demostrado altos niveles de calidad en el sistema nacional.

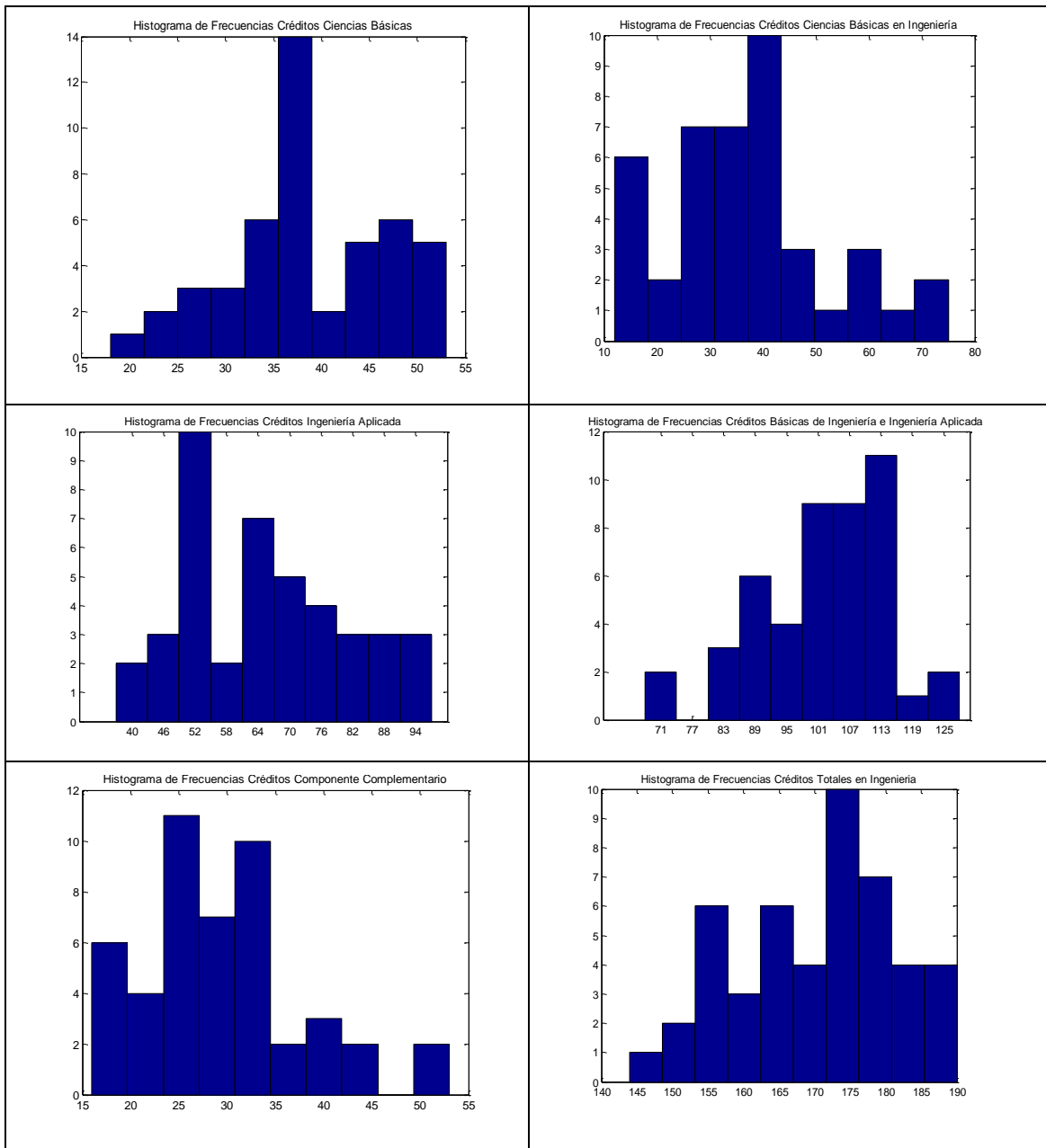
Se compararon 47 programas en 21 disciplinas de la Ingeniería de 19 instituciones de educación superior. El número total de créditos académicos de los programas de la muestra seleccionada oscila entre 144 y 190.

Institución/Programa	Ciencias Básicas	Básicas Ingeniería	Específica	Complementaria	Total
Ingeniería Eléctrica / UPB	52	98		22	172
Ingeniería Mecánica / UPB	52	95		25	172
Ingeniería Industrial / U. Javeriana	23	16	81	50	170
Ingeniería de Sistemas / U. Javeriana	18	18	76	53	165
Ingeniería Mecánica / U del Norte	37	43	45	30	155
Ingeniería Civil / U del Norte	37	35	50	33	155
Ingeniería Eléctrica / U del Norte	34	34	54	33	155
Ingeniería Electrónica / U del Norte	34	38	50	33	155
Ingeniería Industrial / U del Norte	34	32	56	33	155
Ingeniería de Sistemas / U del Norte	34	38	50	33	155
Ingeniería Civil / EAFIT	26	41	73	40	180
Ingeniería Mecánica / EAFIT	33	39	76	25	173
Ingeniería de Procesos / EAFIT	48	23	90	19	180
Ingeniería Civil / U de Cartagena	47	52	50	16	165
Ingeniería Química / U de Cartagena	37	41	70	25	173
Ingeniería de Sistemas / U de Cartagena	36	42	64	25	167
Ingeniería de Alimentos / U de Cartagena	49	29	71	17	166
Ingeniería Eléctrica / UTB	37	34	37	43	151
Ingeniería Civil / U de la Salle	43	101		27	171
Ingeniería Civil / UIS	38	48	55	25	166
Ingeniería Eléctrica / UIS	43	36	47	42	168
Ingeniería Eléctrica / UTP	44	75	53	16	188
Ingeniería Eléctrica / UAO	37	18	82	38	175
Ingeniería Civil / UST	29	15	85	29	158
Ingeniería Ambiental / UST	30	36	66	18	150
Ingeniería Industrial / UST	34	46	61	20	161
Ingeniería Civil / U Militar	47	46	62	20	175
Ingeniería Electrónica/ UPTC	43	115		17	175
Ingeniería Biomédica / UMB	50	82		28	160
Ingeniería de Producción /EAN	36	28	40	40	144
Ingeniería Telemática /ICESI	37	30	77	40	184
Ingeniería Geológica /EIA	39	12	97	31	179
Ingeniería Eléctrica /EIA	49	40	64	33	186
Ingeniería Electrónica/EIA	48	63	44	33	188
Ingeniería de Sistemas/EIA	46	42	63	33	184
Ingeniería Industrial/EIA	52	37	70	33	190
Ingeniería Civil/U Sabana	27	41	75	28	171
Ingeniería de Prod. Agroindustrial/U Sabana	38	61	53	26	178
Ingeniería Química/U Sabana	41	57	51	26	175
Ingeniería Industrial/U Sabana	28	69	52	28	177
Ingeniería Informática/U Sabana	23	61	63	28	175
Ingeniería Urbana / U Antioquia	31	17	94	23	165
Ingeniería Acuicola / U Antioquia	39	23	92	26	180
Ingeniería Agropecuaria / U de Antioquia	39	25	91	26	181
Ingeniería Bioquímica / U de Antioquia	53	26	66	28	173
Ingeniería Agroindustrial / U de Antioquia	42	29	71	36	178
Ingeniería Agropecuaria / U Antioquia	39	25	91	26	181

A continuación se muestra, de manera gráfica, la dispersión de los créditos por cada área de conocimiento. Debido a que algunos programas no discriminan los créditos de las

áreas de Ciencias Básicas de Ingeniería y de Formación Específica sino que involucran los dos componentes en uno solo, se presenta otra gráfica que presenta la suma de los dos componentes para cada uno de los Programas.





Histogramas de Frecuencias

Seguidamente se presentan los resultados del análisis estadístico de cada una de los componentes de formación. Dado que se evidenció que la distribución de frecuencias no era uniforme, se decidió tomar como medida de centro la mediana.

Componentes de Formación	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Desv. Estándar
Ciencias Básicas	18.00	34.00	38.00	45.50	53.00	8.441
Básicas de Ingeniería	12.00	26.00	36.50	43.00	75.00	14.9241
Formación Específica	37.00	52.00	64.00	76.00	97.00	16.1058
Básicas de Ingeniería + Formación Específica	68.00	94.25	104.00	112.50	128.00	13.0639
Complementaria	16.00	25.00	28.00	33.00	53.00	8.4010
Créditos Totales	144.00	162.00	172.00	178.75	190.00	11.3136

En la tabla anterior se hace una distribución de los datos por cuartiles para cada componente de formación. Entre el valor mínimo y el Q1 se ubican el 25% de los datos, entre Q1 y el valor de la mediana se encuentra otro 25% de los datos, entre la mediana y Q3 se distribuye otro 25% de la muestra, y finalmente por encima de Q3 está el 25% restante.

Del análisis de la distribución de los datos (créditos académicos) se puede evidenciar que los programas de Ingeniería con Acreditación de Alta Calidad tienen una mediana de 172 créditos totales, con componentes de formación así: Ciencias Básicas 38 créditos; Básicas de Ingeniería 36,5 créditos; Formación Específica 64 créditos; y Formación Complementaria 28 créditos.

Del análisis de la oferta de programas académicos a nivel nacional, y considerando los estándares internacionales (algunos se describen más adelante en este documento), la propuesta es establecer como mínimo 150 créditos académicos para la formación de un ingeniero, de acuerdo a la distribución mínima de la siguiente tabla.

COMPONENTE DE FORMACIÓN	Porcentaje mínimo de créditos académicos	Número mínimo de créditos académicos
Ciencias Básicas	20%	30
Ciencias Básicas de Ingeniería	20%	30
Formación Específica	33%	50
Formación Complementaria	10%	15
Créditos Mínimos Totales		150

De los 150 créditos totales mínimos recomendados, 125 deben ser distribuidos como se especifica en la columna 2. Los restantes 25 y los que adicione la institución podrán ser distribuidos en relación al proyecto educativo y los perfiles de formación deseados.

2.4.3. Número de semanas lectivas efectivas por año académico

En este apartado se presenta un ejercicio para determinar el máximo número de semanas disponibles para el desarrollo de las actividades académicas contempladas en los créditos académicos de un programa.

Se parte de la base de las 52 semanas del año calendario y se descuentan aquellos espacios de tiempo mínimo que las instituciones y programas requieren destinar para los procesos de matrícula y registro; aplicación de exámenes finales; calificación, revisión y reporte de notas finales; y el período de vacaciones de los docentes. En el siguiente cuadro se trabaja considerando 2 períodos académicos por año. Si una institución trabaja con un mayor número de períodos la cifra total de semanas podría reducirse, teniendo en cuenta los tiempos mínimos requeridos entre períodos académicos.

CONCEPTO	CANTIDAD
Semanas de un Año calendario	52
(-) Vacaciones Docentes	2
(-) Exámenes finales (1 semana, dos veces al año)	2
(-) Reporte de calificaciones (1 semana, dos veces al año)	2
(-) Matrículas financieras y académicas (2 semanas, dos veces al año)	4
Semanas Lectivas disponibles	42

Consideraciones:

- Se trabajó con consideraciones generales. Las semanas pueden variar de una IES a otra: vacaciones de docentes, exámenes finales, reporte de calificaciones, matrículas, entre otras.
- Algunas IES otorgan la semana santa, la semana de receso estudiantil (Decreto 1373 de 2007), fiestas propias de la ciudad.

De acuerdo al cuadro anterior, se establecen un máximo de 42 semanas efectivas en las que la institución puede desarrollar las actividades académicas de los programas.

2.4.4. Número máximo de créditos por año y por semana

Considerando una carga máxima de trabajo académico para los estudiantes de 48 horas semanales, en programas con dedicación de tiempo completo, y teniendo en cuenta que 1 crédito equivale a 48 horas de trabajo académico, se concluye que un programa académico puede desarrollar como máximo lo equivalente a 1 crédito por semana.

Con esta carga académica máxima, el estudiante podrá disponer de tiempo para participar en actividades extracurriculares que la misma institución promueva y atender sus compromisos e intereses personales, familiares, o de otra índole, de tal forma que se garanticen los espacios para una formación de calidad y para un desarrollo humano integral.

Si se considera lo establecido en el ítem anterior, es posible definir que el máximo número de crédito por año que un programa puede desarrollar es de 42, que resulta de multiplicar el número de semanas efectivas (42) por el número de créditos máximo a desarrollar por semana (1).

Se debe anotar que si la institución organiza los programas en un mayor número de períodos académicos, esto conducirá a un menor número de créditos al año dado que se requerirán mayor número de espacios entre períodos, y que de ninguna manera una institución debe programar actividades académicas con una intensidad semanal superior a lo equivalente a 1 crédito académico.

2.4.5. Requerimientos de créditos con el Sistema Europeo

En el contexto de la Unión Europea se ha establecido el Sistema de Créditos (ECTS) para promover la movilidad estudiantil y facilitar la homologación de estudios. En este sistema 1 crédito ECTS equivale a una cantidad entre 25 y 30 horas totales de trabajo académico, de las cuales 10 son horas presenciales.

En un año un estudiante puede cursar como máximo 60 ETCS, es decir 30 ECTS por semestre.

En Europa, un profesional universitario se forma en cuatro (4) años, es decir con 240 ECTS, lo cual representa al menos 2400 horas de trabajo directo. Haciendo equivalencia a la definición del crédito académico en Colombia, un programa de profesional universitario en Europa equivale a 150 créditos en Colombia.

Es importante tener presente que el sistema europeo de Educación incorpora una mayor intensidad en la formación en los niveles que preceden a la Educación Superior, y por tanto es razonable considerar que en Colombia se podría requerir un mayor número de créditos y tiempo para desarrollar competencias equivalentes en cada uno de los niveles de formación.

2.4.6. Requerimientos de créditos académicos mínimos en Estados Unidos (NCEES – National Council of Examiners for Engineering and Surveying)

Para ejercer profesionalmente como Ingeniero en los Estados Unidos se requiere además de tener el título académico, aprobar exámenes de competencia profesional cuya intención es proteger la salud pública y la seguridad. La aprobación de dichos exámenes le otorga al profesional el reconocimiento de *Professional Engineer (PE)*. El desarrollo y administración de los exámenes está bajo la responsabilidad del Consejo Nacional de Examinadores para Ingeniería y Topografía – NCEES.

El NCESS ha establecido estándares en la formación de los ingenieros para poder aplicar a los exámenes, cuando no se es graduado de un programa acreditado por ABET.

El programa de formación debe evidenciar como mínimo:

- 32 créditos de Matemáticas y Ciencias Básicas
- 16 créditos de formación complementaria (ej: humanidades, ciencias sociales, ética profesional, comunicación)
- 48 créditos de formación en Ingeniería (incluye Ciencias Básicas de Ingeniería y Diseño en Ingeniería)

Teniendo en cuenta que la formación de ingenieros en los Estados Unidos usualmente se hace en programas de 4 años, la normativa establece los créditos y contenidos mínimos equivalentes a la formación de al menos 3 años (considerando que 1 semestre académico corresponde a 16 créditos), por tanto el 75% de la formación está reglamentada.

En Estados Unidos la carga académica normal para el estudiante de Ingeniería es de 16 créditos por semestre o 32 al año como máximo.

2.5. La importancia de los profesores de tiempo completo

En las Instituciones de Educación Superior se pueden distinguir al menos 3 tipos de vinculación de profesores a un programa académico: (i) Profesores de Tiempo Completo; (ii) Profesores de Medio Tiempo; y (iii) Profesores de Cátedra.

El Decreto 1075 de 2015 establece que todo programa académico debe contar con un núcleo de profesores de tiempo completo, sin embargo no precisa o cuantifica dicho núcleo.

La importancia de tener un cuerpo de profesores de tiempo completo va más allá de su rol docente, que en el caso de los profesores de medio tiempo o incluso de cátedra lo pueden desarrollar con igual calidad. Sin embargo la permanencia de los profesores de tiempo completo en la institución ofrece múltiples beneficios entre los que se pueden resaltar:

- Disponibilidad para desarrollar consejería académica fuera del aula de clase.
- Participación en la planificación y evaluación curricular.
- Liderazgo de los procesos de autoevaluación para el mejoramiento continuo del programa.
- Revisión permanente de los microcurrículos.
- Diseño de nuevos cursos o ajuste de los actuales.
- Organización de actividades extracurriculares para complementar la formación de los estudiantes.

- Participación en grupos de análisis y discusión sobre aspectos del proceso enseñanza-aprendizaje.
- Desarrollo de proyectos de innovación pedagógica.
- Impartición colaborativa de cursos con otros profesores.
- Desarrollo de actividades de investigación y extensión, y su articulación al proceso formativo de los estudiantes.
- Liderazgo en convenios con otras instituciones.
- Participación en comités institucionales como voceros de la academia en la toma de decisiones.
- Transfieren los valores de la cultura institucional en el programa académico, creando un clima institucional que promueve el desarrollo integral de los estudiantes.

La participación de los profesores de tiempo completo debe darse desde el primer período académico en el que los estudiantes inician los estudios de las ciencias básicas hasta los últimos períodos académicos en el que los estudiantes desarrollan competencias en la aplicación de conocimientos y habilidades para la solución de problemas disciplinares.

Por tanto es importante asegurar un núcleo de profesores de tiempo completo tanto en la formación básica y complementaria, como en los componentes de formación básica de Ingeniería e Ingeniería Aplicada.

El número de profesores debe guardar relación con la población estudiantil del programa. Dado que muchos profesores dan servicio a diferentes programas académicos de una institución, una manera de medir su contribución al programa puede ser a través del número de créditos académicos que tienen bajo su responsabilidad en determinado período académico.

Teniendo en cuenta que un determinado período académico pueden coexistir varias cohortes de estudiantes, y que para cada curso o asignatura se pueden organizar varios grupos o secciones, el número de créditos académicos que un programa desarrolla por período académico es variable de período a período. Por tanto la cuantificación de la participación de los profesores de tiempo completo debe realizarse sobre la base del número total de créditos académicos que se desarrollan en el programa.

Como mínimo se espera que el 30% de los créditos académicos totales del programa sean desarrollados por profesores de tiempo completo. En relación a los componentes de formación de Ciencias Básicas de Ingeniería y Formación Específica se espera que al menos el 40% de los créditos académicos estén bajo responsabilidad de profesores de tiempo completo.

Para que los profesores de tiempo completo puedan tener participación activa en todas las actividades misionales de la institución, no solo en la docencia, su dedicación semanal

a la docencia directa debe estar limitada de tal forma que tenga disponibilidad suficiente para desempeñar otras funciones sustantivas dentro del programa y la institución.

2.6. La importancia de los laboratorios, talleres y otros espacios de práctica en la formación de Ingenieros

El carácter aplicado del ejercicio profesional de la Ingeniería implica que en el marco de su formación los estudiantes deban realizar prácticas en las que además de comprobar los fenómenos de la naturaleza, pueda comprobar el desempeño y funcionamiento de un sistema o componente diseñado.

La institución debe garantizar la disponibilidad y la adecuada dotación de laboratorios, talleres y otros espacios para la formación práctica para los componentes de formación de: (i) Ciencias Básicas; (ii) Ciencias Básicas de Ingeniería; y (iii) Formación Específica.

El diseño y dotación de los laboratorios, talleres, centros de tutoría, y escenarios de práctica debe guardar correspondencia con la intencionalidad y uso previsto en el programa y su metodología, considerando si tales medios educativos se emplearán para: la simulación de fenómenos o procesos, la verificación y medición experimental, para el cálculo o Diseño de Sistemas, o para la construcción y prueba de prototipos.

En función de la naturaleza del Programa, los Laboratorios en Ciencias Básicas podrán ser especializados (ej: Física, Química o Biología), sub-especializados (ej: Física Electricidad, Química Orgánica) o multidisciplinares (ej: Bioquímica, Biofísica, Físicoquímica, Ciencias Ambientales).

Los laboratorios, talleres y escenarios de práctica para apoyar la formación básica de Ingeniería y específica del programa, en función de la naturaleza del programa, podrán incluir algunos relacionados con las siguientes áreas: Materiales de Ingeniería, Geología, Topografía, Mineralogía, Procesos de Manufactura, Metrología, Control de Calidad, Mecánica de Sólidos, Mecánica de Fluidos, Suelos, Procesos Unitarios, Hidráulica, Análisis Estructural, Circuitos Eléctricos, Electrónica Análoga y Digital, Microelectrónica, Ciencias Térmicas, Conversión de Energía, Mecánica de Máquinas, Motores, Máquinas Eléctricas, Máquinas de Flujo, Neumática, Calidad del Aire, Ciencias Forestales, Tratamiento de Agua, Desarrollo de Software, Redes de comunicación, Redes de computadores, Programación digital, Procesamiento de señales, Sistemas de información Geográfica, Ingeniería de Control, Automatización, Robótica, Producción, Procesos Industriales, Procesos Agroindustriales, Análisis de Alimentos, Desarrollo de Producto, Diseño de Planta, Logística, Seguridad Industrial, Salud Ocupacional, Hidrocarburos, Yacimientos, entre otros.

3. METODOLOGÍA DE CONSULTA Y REVISIÓN DE LA RESOLUCIÓN

El proceso de construcción de la nueva resolución por la cual se definen las características específicas de calidad para la obtención, renovación o modificación de los programas de nivel profesional universitario en Ingeniería se reinició en los años 2014 y 2015, aunque este es un proceso que se ha mantenido activo por décadas en el país. Durante estos años se adelantó la elaboración de un borrador del documento por parte de la sala CONACES (Comisión Nacional Intersectorial de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior). En el año 2015 este documento se presentó al Consejo Directivo de ACOFI (Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería) con el fin de socializarlo en el Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería que se realizó en la ciudad de Cartagena de Indias entre el 15 y el 18 de septiembre de ese mismo año. A partir de las observaciones efectuadas al documento se procede a los ajustes respectivos y se hace una consulta general en la Asamblea convocada por ACOFI el 10 de marzo de 2016 en la ciudad de Yopal (Casanare), en la cual los asistentes diligenciaron instrumentos individuales y grupales para identificar los principales aspectos y sugerencias a tener en cuenta para la construcción de la resolución; posteriormente, se amplió la participación de directivos, decanos y docentes mediante una encuesta virtual (se recibieron 401 formatos diligenciados), estos materiales y la revisión de literatura nacional e internacional sobre el aseguramiento de la calidad en programas de Ingeniería, fueron los insumos fundamentales para la formulación de la segunda versión de la resolución.

A continuación se presentan los principales aportes propuestos en esta asamblea y las respuestas brindadas por los asistentes en el espacio dispuesto virtualmente:

3.1. ¿Por qué es necesaria una resolución específica para los programas de pregrado universitario en ingeniería?

En general, las respuestas brindadas indican que los criterios más importantes para elaborar una resolución específica en los programas de pregrado universitario en Ingeniería son: la actualización con criterios o normas internacionales de calidad y las nuevas exigencias desde el mercado laboral u otro sector de la sociedad en el que participen los egresados del programa. De acuerdo con estas respuestas, los criterios que menos peso tendrían son: se requiere una mayor articulación con políticas o normativa colombiana actual y las negaciones o dificultades con el registro calificado por condiciones no verificadas en los programas.

En relación con otros criterios de importancia se menciona la investigación en pregrado, se indica que no debe tener una alta intensidad, pero si aplicación a la solución de problemas locales prácticos y sentidos en la región. También se habla de la importancia de diseños curriculares flexibles y estándares por programas y se dice que los planes de estudios de los programas deben ser similares en un porcentaje y se debe manejar la contextualización.

Adicionalmente, se menciona la necesidad de “la actualización de los perfiles en Ingeniería pues se ha dejado por fuera a ingenieros agroforestales y agropecuarios que son idóneos, pero se discriminan laboral y profesionalmente”.

Es indispensable articular la regulación del ejercicio profesional y su formación. Se dice que aún sigue existiendo distancia entre la universidad y la industria, se debe entonces vincular a los empresarios para que expresen sus necesidades y que estas sean interpretadas por la universidad.

De otra parte, cabe resaltar que en el ejercicio virtual propuesto, de los 401 ingenieros que participaron en el mismo 57 de ellos señalaron otros criterios que justifican la importancia de contar con una resolución específica para los programas de pregrado universitario en Ingeniería. En entre estos criterios se resaltan:

-Se deben establecer estándares mínimos para cada programa, no se debe ofertar por ofertar ingenierías con calidad dudosa. Garantizando un nivel mínimo de calidad en los programas de pregrado en Ingeniería en el país se evita la proliferación de programas de pregrado sin las condiciones mínimas necesarias para su funcionamiento, también es necesaria la verificación periódica de la evolución de calidad en estos programas académicos.

- Es necesario proponer una normatividad que defina con claridad los recursos, procesos y demás condiciones mínimas para el funcionamiento de un programa de Ingeniería, como son: dotación mínima de laboratorios, número mínimo de computadores, relación de docentes según el número de estudiantes, características de las aulas, recursos bibliográficos, etc.; de forma que la evaluación de las condiciones de calidad para la operación de un programa no se base en una percepción subjetiva de un par académico, sino por el contrario evidencie de forma objetiva el cumplimiento de estándares mínimos:

1. Impacto social en su medio, los determinantes de la calidad están basados en el número de productos más que en la valoración del impacto en el medio. Por esta razón, los doctores investigan de acuerdo a la posibilidad de publicar en cantidad para subir en escalafones.

2. Basarse en criterios de calidad externos (internacionales) puede servir de referencia, pero como país debemos concebir criterios propios acordes a nuestras necesidades y ventajas competitivas.

3. Los criterios de clasificación actuales no se ponderan por el número de estudiantes activos, por lo que las instituciones pequeñas quedan en desventaja.

4. Cuál es aporte real al alcance de los proyectos del país y región; se trata de favorecer el sentido de pertenencia y por lo menos identificar las problemáticas, proyectos para su solución y oportunidades de región.

-Hoy en día existen más de 10 tipos de ingenierías diferentes en el mundo que las incluidas en la resolución del año 2003, y todas ellas están aprobadas y consideradas por la UNESCO.

-La Ingeniería nunca ha sido estática, evoluciona constantemente y mucho más en la época que estamos viviendo, por lo tanto es importante verificar la actualización temática

de la capacitación, la validez de las metodologías de enseñanza - aprendizaje y la pertinencia de los conocimientos adquiridos para justificar su aplicabilidad en la transformación de las materias primas que tiene el país, la generación de empleo, en la solución de sus problemas sociales, y en la generación de valor para incrementar el crecimiento per cápita.

-Es necesario regular el escalafón docente, de tal manera que se incentive a la producción en investigación, proyección social y desarrollo docente. Las condiciones de calidad exigen mejorar éstos aspectos en una IES, sin embargo son los docentes quienes realmente lo ejecutan sin mejorarles sus condiciones laborales. Por tanto, la profesión docente ha cambiado significativamente, por lo que es necesaria una mayor preparación tanto en su disciplina, como en las que respalden el cumplimiento de las condiciones de calidad que requieren las IES.

- La formación de este profesional en diferentes escenarios (laboratorios, equipamientos e instrumentación) exige requerimientos de materiales, infraestructura y procesos investigativos que son muy propios de la Ingeniería y que se deberían evaluar de manera particular.

3.2. ¿Qué perfil de egresado (a) de Ingeniería necesita el país?

- Un perfil con oportunidades de trabajo real en la empresa con visión internacional y con desarrollo de competencias blandas. Aunque también debe reunir las competencias que está exigiendo el mercado laboral, alineadas a la realidad del país o la solución de las problemáticas del mismo.
- El egresado de Ingeniería debe tener competencias en diseño, evaluación e implementación de proyectos (liderazgo y gestión de proyectos) que solucionen las necesidades de la sociedad. Un profesional enfocado en el desarrollo y aplicación de la Ingeniería con capacidad de emprender proyectos que beneficien al país, pero sin desconocer las necesidades regionales.
- Un profesional capacitado en la disciplina, acorde con los requerimientos del contexto local y nacional, con capacidad de aprendizaje y adaptación a las necesidades globales y con competencias transversales (blandas) que le permitan trabajar en equipo, con liderazgo, habilidades comunicativas y con ética.
- El egresado de Ingeniería debe ser capaz de adaptarse en contexto real nacional, debe generar alternativas de desarrollo y no esperar a ser solo empleado. Las habilidades deben estar centradas en la práctica y la aplicación, aprovechando los recursos locales bajo criterios de sostenibilidad.
- Un profesional capaz de adaptarse a los cambios que genera el contexto en lo tecnológico, cultural, social y político. Con un alto sentido ético y humanista; capacidad de liderazgo, trabajo en equipo y capaz de dar soluciones a problemas de la Ingeniería haciendo un uso adecuado de las tecnologías.
- El perfil del egresado de Ingeniería que necesita el país, es que sea competente en la formulación y gestión de proyectos, manejo de segunda lengua, liderazgo e innovador.

- Un ingeniero formado integralmente con capacidad de liderazgo en la solución de problemas propios de su área disciplinar, que contribuya al desarrollo sostenible con propuestas y proyectos innovadores.
- Se deben identificar las competencias transversales a todos los ingenieros en Colombia. Por ejemplo: Estrategia, métodos, prácticas, metodologías para la solución de problemas; identificación de problemas prioritarios para la sociedad y desarrollo del país; competencia de comunicación en idioma inglés; entre otras.
- Un perfil integral, en el sentido de la realización de prácticas extracurriculares enfocadas hacia el servicio social (obligatorias). Estas prácticas de desarrollo comunitario, permiten al estudiante ver la realidad de la región, permiten que él o ella por sí mismo propongan iniciativas de solución a los problemas que ha detectado y sobre todo que genere apropiación social del conocimiento. El Ingeniero que detecta un problema (sencillo) y lo intenta solucionar aplicando tanto la técnica como la gestión, puede entrar a solucionar problemas más complejos posteriormente en una gran empresa. Adicionalmente, el estudiante refuerza el sentido de "servir" a los demás, razón por la cual el ser humano se capacita y tiene sentido de pertenencia a la institución.
- Actualmente se requiere de profesionales íntegros que posean dominios de las matemáticas, las tics; competencias en planificación, gestión; capacidad para resolver problemas, ética y capacidad para comunicarse.
- Ante todo un ingeniero que pueda implementar soluciones a problemas reales para el bienestar de toda la sociedad, las cuales deben garantizar la sostenibilidad de los sistemas desde sus tres ejes principales, el económico, el ambiental y el social.
- El país requiere ingenieros con capacidad de concebir, especificar, diseñar, desarrollar, validar y poner en funcionamiento proyectos de ingeniería. Igualmente, debe tener habilidades para supervisar y liderar trabajos de mantenimiento, re-estructuración y operación de sistemas de Ingeniería existentes. El ingeniero Colombiano debe ser conocedor y respetuoso de los códigos de ética y de las norma técnicas; debe ser respetuoso del medio ambiente y contribuir al desarrollo sostenible de los procesos donde intervenga; debe poder desenvolverse tanto en un ámbito nacional como internacional.
- Un profesional calificado con dominio de segunda lengua, lenguajes de programación específicos y básicos, honesto, responsable y sobre todo ético en su quehacer profesional.
- Se requiere de un profesional proactivo e inventivo, que no le tenga miedo a los retos y que tenga una base técnica sólida. En otras palabras, se requiere de una formación científico-ingenieril sólida y exigente, combinada con una formación personal y de carácter que lo haga un profesional útil.
- el ingeniero iberoamericano deberá caracterizarse fundamentalmente por su capacidad de autoaprendizaje, su habilidad para resolver problemas en entornos multidisciplinarios, sus competencias en comunicación oral y escrita (segunda lengua), el uso adecuado de TIC, y la fundamentación ética.

En conclusión, el perfil del egresado de Ingeniería del país se sintetiza en las siguientes categorías:

CATEGORIA	PROPORCIÓN
Solución de problemas del país	18,8%
Formación integral y humanística	13,9%
Emprendimiento	13%
Ética	6,6%
Bilingüismo	4,9%
Liderazgo y gestión de proyectos	4,6%
Otras	48%
Total	100%

3.3¿ Conoce referencias a estudios relacionados con este tema (perfil del egresado de Ingeniería)?

Se mencionan el documento de la OCDE, los documentos de autoevaluación de los programas y los trabajos de ACOFI por capítulos. De otra parte, en los textos recomendados figuran:

-EL INGENIERO COLOMBIANO DEL AÑO 2020 –XXVI REUNIÓN NACIONAL ACOFI
http://www.acofi.edu.co/portal/documentos/EL_INGENIERO_COLOMBIANO_DEL_2020.pdf

- Como referente el modelo de formación en Ingeniería bajo la iniciativa CDIO es muy completo, pues define con claridad que el perfil del egresado en Ingeniería debe contar con habilidades para concebir, diseñar, implementar y operar sistemas y procesos en equipos de trabajo, innovación tecnológica en recursos renovables, y en energy harvesting.

-La Agenda Nacional de Ciencia y Tecnología.

-Higher Education in Developing Countries. Peril and Promise. The World Bank.

-The engineer of 2020.visions of engineering in the new century. national academy of engineering of the national academies.

-<https://sites.google.com/a/unilibrebog.edu.co/boletin-ingenieriaindustrialviveindustrial/home/editorial/elperfildelingenierounilibrista>

-<http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2015/10/Perfil-del-Ingeniero-lberoamericano.pdf>

-Lógica y abstracción en la formación de ingenieros: una relación necesaria. SERNA, Edgar.; Polo, José Antonio

-La educación en Ingeniería en el contexto global: propuesta para la formación de ingenieros en el primer cuarto del Siglo XXI"" Vega-González Luis Roberto

- <http://www.raisethebarforengineering.org/future-engineer>

-<http://www.eltiempo.com/economia/sectores/menos-abogados-y-mas-ingenieros/16485317>

- (Marin-Garcia & Lloret, 2011), (Wei, 2005). (Talleres del Institute of Industrial Engineers - IIE, s. f.). (Georgia Tech, 2015). (estudio en 61 pequeñas y medianas empresas en Colombia Aguirre Mayorga & Córdoba Pinzón, 2009). (análisis del consejo nacional de competitividad 2014 -2015)(Ramos Ruiz et al., 2012, p. 143)."

-Prospectivas de la Ingeniería para 2025, competencias para el futuro profesional en américa latina, La educación para el siglo XXI de la Unesco.

-'La Formación en Ingeniería en Colombia: una situación que preocupa', hecho por los investigadores Édgar Serna y Alexei Serna en el 2013, Estudio de MinTIC con EAFIT y el Infosys en el 2014, estudio sobre profesionales necesarios en la industria de hidrocarburos de la Asociación Colombiana de Ingenieros de Petróleos (Acipet), demanda de profesionales para el sector de energía hecho por la Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico (CIDET)."

"Nomenclatura Recomendada por el IEEE para Programas Universitarios del Área Computacional en Latinoamérica " editado por IEEE en 2013 (ver <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiOI>

o-

[TleTLAhVBk5AKHeOHAKoQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.accreditation.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2FLatin-American-Computing-Nomenclature-Document-Spanish.pdf&usq=AFQjCNH5nUjhU3UyUJk1hs9e iWV7fSEBw&sig2=e 7l-wSUaHu5R0-QSX1wzq](http://www.tlsla.com/TLAhVBk5AKHeOHAKoQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.accreditation.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2FLatin-American-Computing-Nomenclature-Document-Spanish.pdf&usq=AFQjCNH5nUjhU3UyUJk1hs9e iWV7fSEBw&sig2=e 7l-wSUaHu5R0-QSX1wzq)

-los ""student outcomes"" de ABET a-k

<http://www.mondragon.edu/es/estudios/grados/grado-en-liderazgo-emprendedor-e-innovacion/>

- Perfil del Ingeniero Iberoamericano publicado por ASIBEI

- Reforma curricular Basada en competencias de los programas de Ingeniería de la U. Cooperativa.

3.4. Conclusiones respecto a las características de calidad específicas para los programas de pregrado universitario en ingeniería.

De otra parte, a partir de la sistematización de las respuestas otorgadas por los participantes de la asamblea efectuada el 10 de marzo de 2016 se cuenta con los siguientes aportes en relación con las condiciones específicas de calidad para la obtención, renovación o modificación de los programas de nivel profesional universitario en Ingeniería:

3.4.1. Respecto a la denominación.

Debe existir coherencia entre los contenidos, el plan de estudios y la denominación. En la obtención del registro calificado se debe soportar la tradición del programa a partir de referentes nacionales e internacionales.

Así, las actualizaciones de las denominaciones de los programas de Ingeniería deben estar acordes con las tendencias nacionales e internacionales.

En relación con este aspecto, en la obtención del registro calificado, debe garantizarse la formación básica en Ingeniería y debe existir coherencia entre lo curricular y la pertinencia local y global.

En lo que respecta a las renovaciones del registro calificado, debe contarse con un plan de mejoramiento establecido, la actualización curricular y la solución de las debilidades identificadas en los planes de mejoramiento.

3.4.2. Sobre la justificación.

Para la obtención del registro calificado el programa debe ser prospectivo (tender a solucionar problemas futuros).

Para la renovación debe existir una revisión de la caracterización del entorno, la vigencia y pertinencia de los programas.

De otra parte, se propone la elaboración de una guía de buenas prácticas que brinde una pertinencia certera frente al mercado laboral.

3.4.3. Contenidos curriculares.

Para la obtención del registro calificado, se debe garantizar una actualización permanente del currículo. También deben existir estructuras curriculares con intervalos definidos (20-25).

Deben existir actualizaciones curriculares para cada renovación del registro calificado. Así, el estudiante puede construir su ruta académica gracias a la flexibilidad e interdisciplinariedad. También debe haber un énfasis marcado en la formación aplicada con el apoyo de los laboratorios y competencias blandas. Así, para la renovación, el programa debe haber generado un impacto regional y unos lineamientos frente al peso porcentual de los créditos.

En el caso de una segunda renovación y demás, se debe generar un impacto nacional.

Para una guía de buenas prácticas debe tenerse en cuenta la internacionalización del currículo.

3.4.4. Investigación.

Para la obtención del registro calificado, se debe demostrar unos mínimos en investigación aplicada.

Para la renovación del registro calificado, el programa debe demostrar una investigación reconocida y posicionada vinculada con la extensión, con matices internacionales y un reconocimiento en el área del conocimiento o disciplina como fuente de consulta.

3.4.5. Relación con el sector externo.

Para la obtención del registro calificado es indispensable un modelo de prácticas y pasantías empresariales.

Para la renovación del registro calificado, es necesaria la ejecución y el seguimiento de dicho modelo.

En la guía de buenas prácticas, es fundamental la experiencia del personal docente y su impacto en el sector empresarial.

3.4.6. Personal docente.

Para la obtención del registro calificado, es indispensable la contratación de docentes con formación en maestrías y doctorados.

En la renovación del registro calificado, es necesaria la existencia de un relevo generacional, un equipo docente titulado y con formación pedagógica y didáctica.

3.4.7. Autoevaluación.

Para la obtención del registro calificado es necesario demostrar un proceso de mejoramiento continuo del programa.

En las renovaciones de ese registro calificado debe haber un seguimiento y cumplimiento del plan de mejoramiento y el plan de acción propuestos y se debe evidenciar ese mejoramiento.

3.4.8. Mecanismos de selección y evaluación.

En la obtención del registro calificado los mecanismos de selección y evaluación deben estar incluidos en la descripción del programa.

En las renovaciones del registro calificado, cada institución debe especificarlos y aquellas instituciones que no hagan procesos de selección, deberán hacer una nivelación.

3.4.9. Programa de egresados.

Para la obtención del registro calificado debe existir un programa de seguimiento a egresados.

Para la primera renovación debe estar el desarrollo de este programa de seguimiento.

En la guía de buenas prácticas, es esencial la medición del impacto del egresado con el entorno.

4. BIBLIOGRAFIA

ABET. **Criteria for Accrediting Engineering Programs**. Engineering Accreditation Commission. 2015. 29p.

ACOFI. **El ingeniero colombiano del año 2020: Retos para su formación**. 2007. ISBN 978-958-680-054-9.

ASCCC (Academic Senate for California Community Colleges). **Why Full-time Faculty Matter**. 2006. Disponible en: <http://www.asccc.org/content/why-full-time-faculty-matter>

CACEI. **Marco de referencia para la Acreditación de los programas de Ingenierías**. 2014. Disponible en: <http://cacei.org.mx/images/Nuevo/L-CACEI-DG-01.pdf>

Crawley, E. y otros. **Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach**. Springer. 2007. ISBN 978-0-387-38287-6. 300p.

ENAAE IEA. **Best Practice in Accreditation of Engineering Programmes: An exemplar**. International Engineering Alliance. 2015.

ENAAE. **EUR-ACE Framework Standards and Guidelines**. 2015. 23 p.

Engineers Australia. **Competency Standard for Professional Engineer**. 2013. Disponible en: https://www.engineersaustralia.org.au/sites/default/files/shado/Education/Program%20Accreditation/150903_stage_1_pe_2013_approved.pdf

Feisel, L, y Rosa, A. **The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education**. Journal of Engineering Education. January 2005. p 121- 130.

JABEE. **Criteria Guide for Accreditation of Engineering Education Programs at Bachelor Level**. 2015. 27 p.

Disponible en: http://www.jabee.org/english/evaluation_accreditation/documents/

Jesiek, B y otros. **Global Engineering Competencies and Cases**. ASEE International Forum. 2013. Paper #8236. 13 p.

NCEES. **Engineering Education Standard**. 2015. Disponible en: <http://ncees.org/wp-content/uploads/2012/11/NCEES-Engineering-Education-Standard.pdf>

Patil, A. y Gray, P. **Engineering Education Quality Assurance: A Global perspective**. Springer. 2009. ISBN 978-1-4419-0554-3. 310p.

Patil A. ***Global Engineering Criteria for the development of the global engineering profession.*** World Transactions on Engineering and Technology Education. Vol 4. No. 1 2005.

The Boeing Company & Rensselaer Polytechnic Institute. ***A Manifesto for Global Engineering Education.*** Summary Report of the Engineering Futures Conference, January 22-23, 1997.

UNESCO. ***Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development.*** 2010. ISBN 978-92-3-104156-3. 392p.

UK-SPEC. ***UK Standard for Professional Engineering Competence.*** Engineering Council. Third Edition. 2014. 48p