



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



## PROYECTO EDUCATIVO DE PROGRAMA

AUTOEVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD  
DE LOS PROGRAMAS DE PREGRADO

**Ingeniería Mecánica**

SEDE BOGOTÁ

**PEP**

# **PROYECTO EDUCATIVO DE PROGRAMA**

---

**AUTOEVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS  
PROGRAMAS DE PREGRADO**

**Ingeniería Mecánica**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

**IGNACIO MANTILLA PRADA**

Rector

**JUAN MANUEL TEJEIRO SARMIENTO**

Vicerrector Académico

**JAIME FRANKY RODRÍGUEZ**

Vicerrector Sede Bogotá

**LUIS EDUARDO GALLEGO VEGA**

Director Nacional de Programas Curriculares de Pregrado

**CARLOS EDUARDO CUBILLOS PEÑA**

Director Académico Sede Bogotá

**CUERPO DIRECTIVO FACULTAD DE INGENIERÍA Y EL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**José Ismael Peña Reyes**

Decano

**Oscar Germán Duarte Velasco**

Vicedecano Académico

**Jorge Iván Sofrony Esmeral**

Director de Área Curricular

**Luís Eduardo Benítez Hernández**

Director de Departamento

**María Alejandra Guzmán Pardo**

Coordinadora Curricular

**Pedro Felipe Ortiz Rodríguez**

**Lilian Paola Moya**

Apoyo documental

**Fotografías de la portada:**

Laboratorios Departamento de Ingeniería Mecánica  
y Mecatrónica – Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá

# Contenido

INTRODUCCIÓN	5
A. IDENTIDAD DEL PROGRAMA	7
A.1 Información general	7
A.2 Misión Institucional	7
A.3 Visión Institucional	7
A.4 Misión del programa	9
A.5 Visión del programa	9
A.6 Evolución de los estudios de la Ingeniería en Colombia	9
A.7 Departamento de Ingeniería Mecánica: Un proyecto de convicción y autogeneración	11
B. PERTINENCIA Y PROPÓSITO DEL PROGRAMA	14
B.1 Objetivos del Programa	14
B.1.1 Objetivo general	14
B.1.2 Objetivos específicos	14
B.1.3 Objetivos de formación	14
B.2 Perfil del aspirante y del egresado	15
B.2.1 Perfil del aspirante	15
B.2.2 Perfil del egresado	15
B.3 Prospectiva del Programa	16
C. ORGANIZACIÓN Y ESTRATEGIA CURRICULAR	18
C.1 Lineamientos básicos para la formación de estudiantes de pregrado	18
C.2 Organización de la Estructura - Plan de Estudios	19
C.3 Estrategias Pedagógicas	22
C.4 Desarrollo Curricular	23
C.4.1 Componente de Fundamentación	24
C.4.2 Componente Disciplinar o Profesional	24
C.4.3 Componente de Libre Elección	25
C.5 Actualización del Currículo	25
D. ARTICULACIÓN CON EL MEDIO	28
D.1 Movilidad Académica	29
D.2 Prácticas y Pasantías	29
D.3 Articulación con la investigación	30
D.4 Articulación con los egresados	34
E. APOYO A LA GESTIÓN DEL CURRÍCULO	37
E.1 Organización Administrativa	37
E.1.1 Estructura Organizacional Nivel Nacional	37
E.1.2 Estructura Organizacional de la Sede Bogotá	38
E.1.3 Estructura de la Facultad de Ingeniería, Sede Bogotá	40
E.2 Docentes	42
E.3 Recursos Físicos y de apoyo a la Docencia	44
E.3.1 Laboratorios de apoyo a la docencia y a la investigación	46
E.3.1.1 Laboratorio de metrología	46
E.3.1.2 Laboratorio de máquinas herramientas	46
E.3.1.3 Sala CAM y sala experimental	47
E.3.1.4 Laboratorio de deformación plástica	47
E.3.1.5 Laboratorio de Ensayos Mecánicos	47
E.3.1.6 Laboratorio de fundición	48
E.3.1.7 Laboratorio de soldadura y ensayos no destructivos	48
E.3.1.8 Laboratorio de tratamientos térmicos	48

E.3.1.9	Laboratorio de metalografía	49
E.3.1.10	Sala CAD	49
E.3.1.11	Laboratorio de diseño de máquinas y prototipos	49
E.3.1.12	Laboratorio de plantas térmicas	50
E.3.1.13	Laboratorio de motores	50
E.3.1.14	Laboratorio de transferencia de calor	50
E.3.1.15	Laboratorio de automatización de máquinas	51
E.3.1.16	Laboratorio de mecatrónica	51
REFERENCIAS		52
CONTACTO		52

## Contenido Tablas

Tabla 1.	Grupos de Investigación en el DIMM	32
Tabla 2.	Nivel de formación de los docentes adscritos al DIMM	43

## Contenido Gráficas

Gráfica 1.	Malla Curricular de la carrera de Ingeniería Mecánica	21
Gráfica 2.	Pasantías semestrales realizadas entre 2009-01 y 2014-01	30
Gráfica 3.	Prácticas estudiantiles semestrales realizadas entre 2009-01 y 2014-01	30
Gráfica 4.	Grupos de Investigación de la Universidad Nacional desde el año 1930	31
Gráfica 5.	Número de Investigaciones en la UN	32
Gráfica 6.	Formación académica complementaria de los egresados del DIMM	35
Gráfica 7.	Porcentaje de egresados del DIMM que son socios o propietarios de empresas	36
Gráfica 8.	Estructura organizacional de la Universidad Nacional de Colombia	37
Gráfica 9.	Estructura organizacional Sede Bogotá y su relación con el Nivel Central	38
Gráfica 10.	Estructura organizacional Sede Bogotá	39
Gráfica 11.	Estructura organizacional de la Facultad de Ingeniería	40
Gráfica 12.	Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica de la Sede Bogotá	41

## Contenido Imágenes

Imagen 1	Laboratorio de metrología	46
Imagen 2	Laboratorio de máquinas herramientas	46
Imagen 3	Sala CAM y sala experimental	47
Imagen 4	Laboratorio de deformación plástica	47
Imagen 5	Laboratorio de Ensayos Mecánicos	47
Imagen 6	Laboratorio de fundición	48
Imagen 7	Laboratorio de soldadura y ensayos no destructivos	48
Imagen 8	Laboratorio de tratamientos térmicos	48
Imagen 9	Laboratorio de metalografía	49
Imagen 10	Sala CAD	49
Imagen 11	Laboratorio de diseño de máquinas y prototipos	49
Imagen 12	Laboratorio de plantas térmicas	50
Imagen 13	Laboratorio de motores	50
Imagen 14	Laboratorio de transferencia de calor	50
Imagen 15	Laboratorio de automatización de máquinas	51
Imagen 16	Laboratorio de mecatrónica	51

# Introducción

El Proyecto Educativo del Programa (PEP) contiene los principios, las políticas y los lineamientos generales por los cuales se rige el Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. En el PEP se consigna nuestra misión y visión, siendo este el documento que demuestra nuestro compromiso por una educación de alta calidad y el mejoramiento continuo del Programa.

El PEP se construye teniendo en cuenta las tendencias locales e internacionales sobre los nuevos desafíos y desarrollos de la ingeniería mecánica y su relación con el medio nacional, estableciendo de manera explícita el compromiso del Programa con la investigación, la innovación, el emprendimiento y la internacionalización del conocimiento.

El presente documento presenta las perspectivas disciplinares y profesionales del ingeniero mecánico de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, y sintetiza aspectos normativos y estructurales del Programa.



## A. IDENTIDAD DEL PROGRAMA

### A.1 Información general

Nombre del programa:	<b>Ingeniería Mecánica</b>
Nivel de formación:	<b>Profesional – Pregrado</b>
Título que otorga:	<b>Ingeniero(a) Mecánico (a)</b>
Fecha de creación y/o de apertura:	<b>La carrera de Ingeniería Mecánica fue creada el 22 de mayo de 1961 mediante Acuerdo No. 60 del Consejo Académico.</b>
Sede:	<b>Bogotá</b>
Código SNIES:	<b>28</b>
Créditos:	<b>Ciento ochenta (180)</b>
Metodología:	<b>Presencial</b>
Jornada:	<b>Diurna</b>
Fecha y número de la primera promoción:	<b>A finales de 1966, 3 egresados</b>

### A.2 Misión Institucional

La Universidad Nacional de Colombia, como Universidad de la nación fomenta el acceso con equidad al sistema educativo colombiano, provee la mayor oferta de programas académicos, forma profesionales competentes y socialmente responsables. Contribuye a la elaboración y resignificación del proyecto de nación, estudia y enriquece el patrimonio cultural, natural y ambiental del país. Como tal lo asesora en los órdenes científico, tecnológico, cultural y artístico con autonomía académica e investigativa.

### A.3 Visión institucional 2017

La Universidad Nacional de Colombia, de acuerdo con su misión, definida en el Decreto Extraordinario 1210 de 1993, debe fortalecer su carácter nacional mediante la articulación de proyectos nacionales y regionales, que promuevan el avance en los campos social, científico, tecnológico, artístico y filosófico del país. En este horizonte es la Universidad, en su condición de entidad de educación superior y pública, la que habrá de permitir a todo colombiano que sea admitido en ella, llevar a cabo estudios de pregrado y posgrado de la más alta calidad bajo criterios de equidad, reconociendo las diversas orientaciones de tipo académico e ideológico, y soportada en el Sistema de Bienestar Universitario que es transversal a sus ejes misionales de docencia, investigación y extensión.

Se mantendrá como la mejor Universidad del país, y habrá de constituirse en la primera universidad colombiana de clase mundial y una de las más importantes de América Latina y el Caribe, con pregrados y posgrados de alta calidad, dotados de infraestructura y téc-

nicas didácticas modernas y flexibles que faciliten una rápida respuesta de la comunidad académica a los cambios y nuevos retos de su entorno e inserción en el mundo global. La Universidad Nacional influirá también en el desarrollo de la educación básica, media y tecnológica de calidad y liderará, a través de sus prácticas docentes e investigativas, el Sistema de Educación Superior Pública del país.

La Universidad ofrecerá posgrados basados en la generación de conocimiento y en su uso para la solución de problemas fundamentales de la sociedad colombiana; del mismo modo, llevará a cabo investigación y extensión de frontera y relevante, con estrecha comunicación entre la Universidad y sectores productivos, sociales y gubernamentales del país.

Habrà un énfasis especial en el desarrollo de investigación desde múltiples formas organizativas (grupos, centros disciplinares y temáticos, institutos inter y transdisciplinarios) coordinadas en un sistema con metas claras, con políticas de fomento e instrumentos de comunicación eficaces, así como con programas integrados a grupos y redes en los ámbitos nacional e internacional. Los proyectos de investigación serán en gran medida comunes a pregrados y posgrados, y tendrán canales de flujo expeditos entre ellos. Los pregrados y posgrados estarán enlazados y deberán interactuar con los programas de investigación y extensión a través de los propios profesores investigadores, la participación en los semilleros y grupos de investigación, la realización de seminarios permanentes de socialización y validación social de los resultados de la investigación y extensión, entre otras, difundiendo los productos de la investigación en libros de texto y revistas nacionales e internacionales, y a través incluso de los medios masivos de divulgación.

Así mismo, la Universidad fortalecerá los programas de extensión o integración con la sociedad y sus instituciones que responderán a las necesidades sociales fundamentales a través de proyectos de iniciativa universitaria y estará fuertemente relacionada con la investigación y la docencia. Usará el conocimiento generado para producir a través de sus egresados y de los impactos de la investigación y extensión bienestar, crecimiento y desarrollo económico y social con equidad.

La Universidad tendrá entonces una vida institucional activa, soportada en un Sistema de Bienestar Universitario que propenda por una universidad saludable, con un modelo de comunicación y una estructura de gestión que permitan la toma de decisiones efectivas, con participación real de la comunidad universitaria<sup>1</sup>. Será una universidad que se piense permanentemente y reflexione sobre los problemas estructurales del país. Esto le permitirá ser una institución matriz de conservación y de cambio al utilizar eficientemente la extraordinaria diversidad de conocimiento sistemático que alberga; diversidad que se expresa tanto en el número de sus disciplinas como en la multiplicidad de sus enfoques y posturas filosóficas e ideológicas. Al seguir este camino podrá ser efectivamente líder del pensamiento, de la intelectualidad y de la creación artística colombianos: formará los líderes en el campo de la ciencia y la tecnología que el país necesita para hacer sosteni-

1 Los procesos de los claustros y colegiaturas dejaron evidencia de la crisis de los sistemas de participación que la Universidad ha establecido y que se encuentran vigentes. Aunque el tema debe ser tratado en otro momento, la propuesta de construir una visión de la Universidad con horizonte a 2032 requiere un enfoque de participación más académico y de construcción de política pública que deberá ser validado fundamentalmente apoyado en la organización institucional.

ble su progreso, y a los ciudadanos que hacen su tránsito académico por la Universidad les proporcionará las condiciones para el desarrollo intelectual e integral al que tienen derecho como seres humanos y ciudadanos de este país, permitiéndoles proyectarse al mundo globalizado. En fin, la Institución será una academia que participe activa y crítica y constructivamente en la reflexión sobre el desarrollo y la identidad nacional, promotora de lenguajes para comunicarse con el resto de la sociedad.

#### **A.4 Misión del programa**

Centrar las fortalezas del programa en la formación integral de ingenieros mecánicos competentes y socialmente responsables, cuya sólida formación científica, tecnológica y humanística les permita contribuir al progreso del país.

#### **A.5 Visión del programa**

El programa curricular de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá se reconocerá a nivel nacional e internacional por su alta calidad y formación integral de sus profesionales, los cuales estarán en capacidad de crear soluciones globales de ingeniería y sostenibilidad considerando las dimensiones social y humana de las decisiones tecnológicas adoptadas.

#### **A.6 Evolución de los estudios de la ingeniería en Colombia**

La siguiente reseña histórica es extractada del libro **“Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, cincuenta años construyendo el desarrollo industrial del país (1961-2011)”**, que se publicó en el año 2011 con motivo de los 50 años de creación de la carrera.

La Ingeniería Civil es considerada como la madre de todas las ingenierías en Colombia, su historia inicia oficialmente el 24 de agosto de 1861 con la creación de Colegio Militar por parte del General Tomás Cipriano de Mosquera.

Más tarde, el 22 de septiembre de 1867, el presidente Santos Acosta, mediante la Ley 66, crea la Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia, con seis escuelas, entre ellas la Escuela de Ingeniería. La historia del campus universitario que conocemos en la actualidad, se remonta a 1935, año en el cual ejercía la presidencia del país Alfonso López Pumarejo quien mediante la Ley 68 de 1935, crea el campus universitario de la Universidad Nacional de Colombia, como ente jurídico independiente e instituye la Facultad de Ingeniería y Matemáticas, nombrando como primer decano al Ingeniero José Gómez Pinzón.

Durante las tres décadas posteriores, la Ingeniería Civil se constituyó en la encargada de responder a todas las necesidades que tanto la industria como la sociedad requerían. Pero, después de la Segunda Guerra Mundial, el mundo en recomposición, empezó a necesitar

ingenieros más especializados, generando la necesidad de expertos en el campo de la ingeniería.

Para la década de 1960, una de las preocupaciones de la sociedad colombiana y particularmente del gremio de ingenieros, consistía en adecuar la educación en ingeniería de manera que los futuros ingenieros contribuyeran al desarrollo industrial y económico del país, permitiendo así su inserción en la dinámica internacional de constantes cambios económicos y culturales. Dentro de este contexto, la creación de las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Eléctrica en el año 1961 tuvo enorme acogida.

Al mismo tiempo, a nivel mundial la situación de la Ingeniería empezaba a cambiar. Aunque en los países en vías de desarrollo, el porcentaje de ingenieros civiles era alto en relación con las otras especialidades, en los países desarrollados la cantidad de ingenieros mecánicos y electricistas sobrepasaba por mucho a los ingenieros civiles. La tendencia era buscar un conocimiento más científico de las propiedades eléctricas, mecánicas, térmicas y químicas de sólidos, líquidos y gases. Por lo tanto, estas temáticas empezaron a convertirse en las materias básicas para que el estudiante pudiera entrar en el proceso de aplicación del terreno práctico.

Para la consolidación de los estudios de Ingeniería en el país, las décadas de 1960 y 1970 significaron un paso definitivo en la solidificación de sus especialidades y en la definición de los lineamientos que marcarían la calidad en la formación de los futuros ingenieros. En la Universidad Nacional, esto se vio reflejado plenamente, pues estos fueron los años en los que se dieron transformaciones académicas definitivas para el mejoramiento y la creación de nuevas carreras. Así mismo, estos veinte años significaron el germen de lo que posteriormente serían las maestrías y doctorados que, igualmente, se crearon bajo los criterios de realizar programas de investigación que permitieran plantear soluciones a las necesidades del país. Docentes y estudiantes estarían siempre a la vanguardia de estas transformaciones, que además de abrir el panorama de discusiones internacionales en los ámbitos cultural y científico, crearon un ambiente de confianza y esperanza en el desarrollo de la industria nacional.

Al mismo tiempo, la estructura académica de la Universidad empezaba a transformarse, despejando el camino para lo que posteriormente se conocería como la Reforma Patiño, a cargo del médico José Félix Patiño, quien ejerció como Rector durante 1964 y 1966, marcando profundamente la historia del Plantel. Esta reforma, conocida como *Integración como mecanismo para el desarrollo*, tuvo como propósito agrupar campos homogéneos del conocimiento.

Durante la Reforma Patiño, se consolidaron además, la decisión y la voluntad que se necesitaban para dotar a las nuevas ingenierías de profesores, laboratorios y nuevos cursos, que eran indispensables para la supervivencia de las carreras y los recién creados departamentos. Los desarrollos en la educación de la Ingeniería tanto a nivel nacional como a nivel internacional también fueron elementos de vital importancia en dicha consolidación.

## A.7 Departamento de Ingeniería Mecánica: un proyecto de convicción y autogeneración

*“Como todas las cosas, se nace de una idea que surgió más o menos en el año 1958, entre unos poquitos... haciendo las cosas, reuniendo a la gente se empezó a desarrollar esto” (entrevista al profesor Diego López, octubre 5 de 2010).*

Los estudios de la Ingeniería Mecánica, surgieron como una respuesta a las necesidades que la industria nacional tenía en esta área. Colombia vivía, entre 1958 y 1968, ritmos de aceleración y crecimiento industrial que determinaron el crecimiento de la carrera. Mediante el Acta de Creación número 23 del 22 de mayo de 1961 del Consejo Académico de la Universidad Nacional de Colombia, la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá se fundó con cuatro pautas fundamentales:

- a) El desarrollo industrial de la nación exige un número creciente de ingenieros mecánicos.
- b) Es un deber de la Universidad Nacional de Colombia facilitar los medios que permitan en lo posible satisfacer la demanda de ingenieros en esta especialidad.
- c) Con las actuales dotaciones y los equipos disponibles en la Facultad de Ingeniería de Bogotá se puede prestar el servicio necesario en esta especialidad, con la ayuda de un programa normal de ampliaciones.
- d) Son comunes gran parte de las asignaturas en la misma especialidad con las que se dictan en Ingeniería Civil.

A pesar del entusiasmo inicial, los primeros años de la Ingeniería Mecánica en la Universidad Nacional, antes de la creación de su Departamento en 1965, fueron años de improvisación:

*“Éramos Ingenieros Civiles en formación de ser Mecánicos, por ejemplo yo Ingeniero Civil formado como Mecánico en los Estados Unidos y llegar aquí a dirigir el Departamento, de cierta forma era una irresponsabilidad, pero bueno, se hizo la tarea y creo que quedó bien...y si no lo hubiéramos hecho, tal vez no existiría el Departamento.” (Entrevista al profesor Diego López, 2009).*

Diego López, como primer Director oficial del Departamento, conformó en compañía de los profesores de la Facultad la primera planta docente, la cual propició la consolidación de los laboratorios y definió el primer plan de estudios.

Eran épocas difíciles, en medio de un ambiente universitario de protestas por la falta de presupuesto y porque todos querían participar del nuevo rumbo que parecía estar tomando la Universidad, a partir de la Reforma de 1965.

Comenzando el año de 1971, las necesidades económicas de la Universidad y la urgencia de lograr un gobierno democrático y participativo, ocasionaron un sin número de fuertes

protestas estudiantiles. Ante esta difícil y generalizada situación de orden público, a la que se sumaban paros de maestros en varias ciudades, en abril de 1971 el Presidente de la República declaró al país en Estado de Sitio y la Universidad Nacional tuvo que ser cerrada cerca de un mes. Pero el recrudecimiento de los enfrentamientos haría que durante aquel año, la Universidad cerrara de manera indefinida.

Los primeros ingenieros mecánicos vinculados como docentes de la carrera fueron José Eliades Ruge, Héctor Mosquera y Luis Eduardo Álvarez. En 1975, la Universidad Nacional abriría una convocatoria que permitiría la vinculación de nuevos docentes al Departamento de Ingeniería Mecánica. Para ese año, ingresaron diecisiete docentes que impulsaron el desarrollo de la carrera, ampliando y diversificando las posibilidades para la investigación.

Al finalizar la década del setenta, el desarrollo investigativo del Departamento se encontraba contenido en las Secciones de Ciencias Térmicas, Dibujo, Diseño de Máquinas, Materiales y Procesos y Mecánica; cada docente aprovechaba su espacio en ellas para profundizar en sus propias inquietudes, algunos estudiantes se empezaban a sumar y en general, los trabajos de grado hacían grandes aportes a ellas.

En 1984, el Departamento y la Carrera, en un trabajo conjunto y bajo la dirección del Ingeniero Julio Mario Rodríguez, acordaron que era necesario reorganizar de nuevo las Secciones, en aras de una mayor efectividad en la investigación y en el currículo académico.

A mediados de los ochenta, con la creación del posgrado en Materiales y Procesos de Manufactura, fue notable el fortalecimiento de la investigación en el Departamento. Así emergieron campos fuertes en áreas de la Biomecánica, Automatización, Diseño y Construcción de Herramientas. Además, se dieron lineamientos más claros sobre las cualidades que deberían tener las investigaciones en el Departamento. Existía, además, un interés primario y continuo por trabajar en consonancia con las necesidades de la industria nacional, pensando siempre en el desempeño que los egresados realizarían una vez terminaran la carrera.

Después de 1986, la Facultad contaba con publicaciones en revistas científicas, algunas de ellas de autoría de profesores y estudiantes del Departamento de Ingeniería Mecánica. Un libro de autoría del profesor Abel Morales fortaleció y consolidó el carácter investigativo del Departamento por esa época. Vinieron luego las publicaciones de libros de Elementos de Máquinas y el fortalecimiento de la investigación desarrollada en el programa de Maestría en Materiales.

El proceso de apertura económica en los años noventa, tuvo repercusiones en el desarrollo académico del Departamento. Los trabajos de grado, fueron mucho más abundantes y por primera vez en la historia del Departamento, 27 mujeres desarrollaron trabajo de grado. Un número significativo de estos trabajos estaba enfocado hacia el aporte al progreso de la industria nacional que se vio seriamente afectada por las medidas económicas adoptadas por el gobierno del presidente César Gaviria. Por otra parte, algunas investigaciones exploraron nuevos campos, tales como la aplicabilidad de la computación en la ingeniería mecánica, la robótica y los temas medioambientales.

Como consecuencia de la vinculación masiva de docentes al Departamento en el año 1975, a mediados de los años noventa, se manifestó un proceso de cambio generacional de los docentes. El plan de desarrollo docente, impulsado en el marco de la Reforma Curricular de 1992, preveía la necesidad de un relevo generacional. Dentro de este proceso, en el año 1997 se vinculó como docente, por primera vez en la historia del Departamento, una mujer, la ingeniera mecánica María Alejandra Guzmán. En el año 1999 se inició un agresivo plan de formación doctoral de los docentes del Departamento, con el viaje de dos profesores a Alemania y Estados Unidos para cursar programas de doctorado. Durante la siguiente década, varios docentes cursaron estudios doctorales en universidades prestigiosas de varios continentes. Este proceso fue además un gran apoyo para la creación de la carrera de Ingeniería Mecatrónica (2001), de la Maestría en Ingeniería Mecánica (2006) y los Doctorados en Ciencia y Tecnología de los Materiales (2007) y Doctorado en Ingeniería Mecánica y Mecatrónica (2010).

Para mediados de la primera década del siglo XXI, el proceso de relevo generacional y la necesidad de contar con profesores con formación doctoral, eran temas comunes a todas las Facultades de la Universidad. La respuesta de las directivas fue la apertura de un concurso docente durante el año 2005 denominado "Concurso de Méritos Relevo Generacional 2017 en la modalidad docente". Uno de los requisitos básicos que exigía este concurso a los aspirantes, era contar con la formación doctoral, requisito que se ha mantenido hasta el momento para todos los concursos docentes posteriores para profesores de carrera en dedicación exclusiva. Como consecuencia de esas políticas que buscaban elevar la formación académica de sus docentes, para el año 2015 el 54% de los profesores del Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica tiene título de doctor; el 32% tiene título de especialización o maestría y el 14% restante cuenta con título profesional en ingeniería.

La apertura y expansión que ha caracterizado al Departamento durante su historia reciente, son un vivo ejemplo del sentido de pertenencia y cariño que han desarrollado docentes y estudiantes hacia éste, que se refleja en el progreso de la Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, no solo en la Universidad, sino con un claro objetivo de desarrollo social a través de la tecnología y la investigación, esto le permite a la comunidad académica del Departamento afrontar los retos que trae el siglo XXI con optimismo y visión de futuro.

## B. PERTINENCIA Y PROPÓSITO DEL PROGRAMA

### B.1 Objetivos del programa

El Acuerdo 039 de 2009 del Consejo Académico de la Universidad Nacional de Colombia establece como objetivos del programa curricular:

#### B.1.1 *Objetivo General*

Formar profesionales cimentados en una sólida formación científica, tecnológica y humanística, que propenda por el desarrollo integral del país.

#### B.1.2 *Objetivos Específicos*

1. Participar en el diseño, selección, evaluación, especificación, instalación, montaje, mantenimiento, operación, ensayo y comercialización de equipos y sistemas mecánicos.
2. Participar en la proyección, dirección, organización y administración de empresas, dependencias y sistemas técnicos.
3. Participar en actividades de asesoría, consultaría e interventoría de proyectos técnicos.
4. Participar en actividades de investigación, docencia y capacitación en el área de la Ingeniería Mecánica.
5. Participar en negociaciones sobre tecnología.

Un resultado importante de las reuniones de discusión y análisis realizadas con docentes y estudiantes del Departamento, como parte del proceso permanente de autoevaluación del programa, es la definición de los objetivos de formación del mismo.

#### B.1.3 *Objetivos de formación*

- Formar profesionales en la ingeniería mecánica que sean líderes, capaces de comunicarse de manera efectiva y trabajar en equipos interdisciplinarios y pluriculturales, que contribuyan al desarrollo del país y a su proyección hacia un mundo globalizado.
- Formar ingenieros mecánicos capaces de formular problemas y crear soluciones globales de ingeniería y sostenibilidad que consideren la dimensión social y humana de las decisiones tecnológicas adoptadas.
- Formar profesionales en la ingeniería mecánica con capacidad de experimentar, analizar e interpretar datos.

- Formar profesionales en la ingeniería mecánica con la capacidad de diseñar, seleccionar, evaluar, instalar, mantener y operar equipos, sistemas y componentes mecánicos y procesos, utilizando técnicas, habilidades y herramientas modernas de ingeniería.
- Formar profesionales en la ingeniería mecánica con la capacidad de proyectar, crear, dirigir y gestionar empresas relacionadas con la ingeniería mecánica, asesorar y hacer evaluación de proyectos de ingeniería.
- Formar profesionales en la ingeniería mecánica que apliquen su creatividad, que autogestionen su aprendizaje, que tomen decisiones y emitan juicios con independencia, basados en su conciencia social y medioambiental.

Se puede observar que ofrecer a la población una sólida formación científica, tecnológica y humanística, es el pilar en el cual se fundamentan tanto la misión y visión de la Institución como los objetivos del Programa, demostrando así la coherencia entre estos dos. La participación en el desarrollo integral del país es fundamental para cualquier egresado de la Universidad Nacional de Colombia; por su naturaleza pública, las capacidades que se deben potenciar en los estudiantes y por ende, en los egresados de cualquier programa de pregrado y posgrado, deben ser aquellas que les permitan aportar a la sociedad colombiana en la solución de problemas de carácter social, político y económico, así como todas aquellas que mejoren la calidad de vida de la población.

En lo referente a la comunicación continua con los sectores productivos, sociales y gubernamentales del país, descrito en la Visión Institucional, los objetivos del Programa son acordes a los lineamientos trazados ya que fomentan la formación de ingenieros con capacidades específicas que tienen un impacto directo en su medio de influencia.

## **B.2 Perfil del aspirante y del egresado**

### **B.2.1 Perfil del Aspirante**

El programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, está dirigido a bachilleres con valores éticos, espíritu crítico, sentido práctico, capacidad de auto-aprendizaje y auto-gestión de su tiempo, que tengan actitud para el trabajo en equipo; motivados hacia el trabajo experimental; con afinidad e interés por la ciencia, las matemáticas, la física, la representación espacial de objetos y la cultura general, y con capacidad para el análisis, la abstracción, la comprensión y la solución de problemas. Además, deben tener habilidades de comunicación oral y escrita.

### **B.2.2 Perfil del Egresado**

El egresado de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, está en capacidad de analizar, modelar, simular, diseñar, construir y mantener sistemas mecánicos, térmicos y plantas industriales.

El egresado de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, está en capacidad de proyectar, crear, dirigir y gestionar toda clase de industrias relacionadas con la ingeniería mecánica.

El egresado de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, cultiva y desarrolla su creatividad, tiene capacidad de autogestión del aprendizaje continuo, toma decisiones y emite juicios con independencia, basado en su conciencia social y medioambiental, es flexible ante los cambios y abierto al trabajo en ambientes pluriculturales e interdisciplinarios.

### B.3 Prospectiva del programa

La profesión de la ingeniería mecánica en los próximos veinte años, al igual que otras profesiones técnicas, seguirá la tendencia mundial de enfocarse en la solución de problemas sociales y medioambientales relacionados con el acceso de la población a la energía, el agua potable, la alimentación, la vivienda, el transporte, la seguridad y la salud. La visión de la profesión de la ingeniería mecánica para el año 2028, de acuerdo con la ASME (American Society of Mechanical Engineers) es que “la Ingeniería Mecánica desarrollará soluciones de ingeniería que promuevan un mundo más limpio, más seguro, más saludable y sustentable”. [ASME, 2008]. Así mismo, la ASME considera que los tópicos que marcarán las tendencias de la profesión en el futuro próximo son:

1. Las contribuciones al desarrollo sostenible
2. Los sistemas de ingeniería de magnitudes nunca antes vistas, tanto a grande como a pequeña escala
3. La importancia de las ventajas competitivas del conocimiento
4. La influencia de las ventajas colaborativas
5. El desarrollo permanente de las regulaciones y normas sobre la innovación
6. La diversidad de roles que puede ejercer el ingeniero
7. Los desarrollos en las tecnologías de la información y las comunicaciones que permiten a los ingenieros crear soluciones tecnológicas sin salir de sus hogares.
8. La visión futurista de un mundo tecnológicamente bio-inspirado con desarrollos prácticos a escalas nanométricas.

En Europa, la VDI (Asociación Alemana de Ingenieros) en su informe “European Engineering Report”, establece que la contribución de los ingenieros a la innovación tecnológica aplicada a los mercados, es indispensable para alcanzar mayores crecimientos económicos, así como para la creación de nuevos empleos, garantizando el suministro de energías

limpias, considerando la sostenibilidad de los recursos naturales y afrontando los desafíos derivados del cambio climático [VDI, 2010].

En el contexto colombiano, la pertinencia de los programas de Ingeniería Mecánica, está en buena medida asociada con el desarrollo de la competitividad nacional a nivel industrial. Dentro de este aspecto, el acceso a tecnologías más modernas está pasando a ser más importante que las bajas escalas salariales como factor de competitividad nacional, tal como lo propone Michael Porter [Porter, 1990]. Los ingenieros mecánicos altamente calificados, son importantes para lograr avances en sectores en los que intervienen tecnologías refinadas que promueven el cambio tecnológico con miras al mejoramiento de la productividad nacional [Porter, 1990]. Desde esta perspectiva, la Ingeniería Mecánica brinda el soporte para incorporar tecnologías asociadas en primera instancia con bienes de capital que permiten elevados niveles de productividad industrial nacional.

La competitividad es eje central de la política industrial [Díaz-Granados y Hart, 2011]. En el sector privado, es necesario seguir trabajando en la productividad de las empresas, midiendo los avances y partiendo de referentes internacionales; continuar con la modernización, investigación y desarrollo; convirtiendo a la innovación en el eje central de la actividad productiva y manteniendo la perspectiva de internacionalización [ANDI, 2012]. Y en el sector público, se requiere la ejecución inmediata de la Agenda de Competitividad, dirigida a mejorar sustancialmente el entorno en que se realizan los negocios en el país y para ello, es necesario avanzar rápidamente en campos como infraestructura, capital humano, ciencia y tecnología, mercado de capitales, instituciones, entre otros [ANDI, 2012]. Aquí nuevamente la incidencia del programa de Ingeniería Mecánica se configura como directriz a través de la formación de personas capaces de crear, dirigir y gestionar empresas orientadas hacia la innovación y a la incorporación de la investigación y desarrollo en las industrias de sectores estratégicos para el país.

Recientemente el estudio realizado por la ANIF [ANIF, 2012], muestra que para las PYMES industriales, se ha evidenciado la importancia de la capacitación y formación de su personal por el apoyo tecnológico que se requiere para soportar nuevas tecnologías. En este entorno es bien importante el papel de los egresados del programa de Ingeniería Mecánica aplicando sus capacidades en el análisis, diseño, construcción y mantenimiento de sistemas mecánicos, térmicos y plantas industriales, aportando así al desarrollo de las PYMES industriales en Colombia.

Adicionalmente a las dificultades económicas coyunturales que obstaculizan la competitividad en nuestro país, históricamente la industria nacional se ha enfrentado a desafíos en la calidad de la educación y el desarrollo científico innovador, tal como se presenta en el documento publicado por Mitchell [Mitchell, 2011]. En este punto, la formación con calidad, enfatizando la orientación hacia la innovación, el pensamiento creativo y la autogestión del aprendizaje continuo se constituyen en objetivos de formación centrales en el programa de Ingeniería Mecánica.

Aunque recientemente se tiene un crecimiento fuerte en minería y petróleo y se tiene un decrecimiento de la industria manufacturera nacional [ANDI, 2013], es fundamental para el país lograr el paso de la economía basada en la extracción a la economía de agregación de valor, para la cual, la transformación de materia prima en productos de alta tecnología es papel central en donde contribuyen los egresados del programa de Ingeniería Mecánica.

## C. ORGANIZACIÓN Y ESTRATEGIA CURRICULAR

### C.1 Lineamientos básicos para la formación de estudiantes de pregrado

En el Acuerdo 033 de 2007 del Consejo Superior Universitario – CSU, que establece los lineamientos para la formación de estudiantes en la Universidad Nacional de Colombia y que se fundamenta en los principios de excelencia académica, formación integral, contextualización, internacionalización, formación investigativa, interdisciplinariedad y flexibilidad; se adopta el régimen de Créditos Académicos<sup>2</sup> para medir el tiempo que requiere el estudiante para cumplir con los objetivos de las asignaturas y para facilitar la homologación de asignaturas y la movilidad de estudiantes entre programas nacionales e internacionales.

El Plan de Estudios se organiza en Componentes de Formación, entendidos como conjuntos de Asignaturas con un objetivo de formación particular. Así, los Planes Curriculares deben tener: un Componente de Fundamentación, que se ocupa principalmente de la contextualización de los saberes; un Componente Disciplinar o Profesional, propio y característico de la esencia de la carrera, incluyendo el Trabajo de Grado; un Componente de Libre Elección que, a manera de herramienta para la formación integral, incluye escenarios de contexto, de emprendimiento, de responsabilidad social, de investigación, de profundización y de extensión.

Uno de los principios de mayor relevancia es el de la flexibilidad. El Acuerdo 033 de 2007 del CSU propende porque esté presente en todos los componentes del Plan a través de las asignaturas optativas y establece que el Componente de Libre Elección debe ser como mínimo del 20% del total de créditos del Programa Curricular. De igual manera, apunta hacia la disminución de requisitos y prerrequisitos, dando así al estudiante un nivel de autonomía suficiente y la responsabilidad para elegir los temas y trayectorias académicas que más se acerquen a sus intereses particulares de formación e investigación.

Dentro de las nuevas políticas de formación se crea un componente de nivelación para los recién ingresados que presenten deficiencias en el manejo de lenguas extranjeras, lectura y escritura y matemáticas. También introduce la posibilidad de doble titulación (Acuerdo 27 de 2010 del CSU) en la misma Universidad o en convenio con otras, nacionales o extranjeras, para los estudiantes con un desempeño académico destacado. Además, con el objeto de articular pregrados y posgrados, se ofrece la oportunidad de tránsito de uno a otro disminuyendo los tiempos estipulados para cada uno de esos programas. En el caso específico del Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, este ofrece diferentes programas de posgrado que pueden potenciar el desarrollo académico y profesional de los estudiantes del Programa, en especial en el nivel de Maestría. El Departamento ofrece los programas de Maestría en Ingeniería – Materiales y Procesos, y Maestría en Ingeniería – Ingeniería Mecánica. Igualmente el Departamento ofrece los programas de Doctorado en Ingeniería – Ciencia y Tecnología de Materiales, con participación conjunta de la Facultad de Ciencias, y el Doctorado en Ingeniería – Mecánica y Mecatrónica.

<sup>2</sup> Un Crédito Académico corresponde a 48 horas de trabajo del estudiante, incluyendo la parte presencial y la no presencial.

## C.2 Organización de la Estructura - Plan de Estudios

El programa curricular de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, fue creado mediante Acuerdo 60, acta 23 del 22 de mayo de 1961 del Consejo Académico. Mediante Acuerdo 250 del Consejo Académico del 28 de noviembre de 2008, se aprobó la modificación de la estructura del plan de estudios, para adaptarse al Acuerdo 033 de 2007 del CSU. Mediante Resolución de Consejo de Facultad 680 del 16 de diciembre de 2008 se especificaron los créditos, las agrupaciones y las asignaturas del plan de estudios del Programa Curricular de Ingeniería Mecánica, la cual fue derogada por la Resolución de Consejo de Facultad 184 del 23 de abril de 2009.

La estructura del Plan de Estudios contiene una reflexión sobre la flexibilidad (optativas y libre elección) al interior del currículo. De manera general, se sugiere presentar esta información a través de un porcentaje respecto al número total de créditos. De igual manera se considera una reflexión sobre el carácter interdisciplinario del Plan de estudios. El Plan de Estudios de un programa está constituido por:

- Número de créditos del Plan
- Descripción de los componentes de Fundamentación, Disciplinar y de Libre Elección, explicando el número de créditos que lo conforman y su finalidad dentro del Plan de Estudios.
- Reglamentación para Doble Titulación (nacional e internacional) o titulación conjunta.
- Presentación de la Malla curricular del Plan de Estudios.

El Consejo de la Facultad de Ingeniería en sesión del 13 de mayo de 2010, Acta 009, aprobó la iniciativa relacionada con la modificación de la Resolución de Consejo de Facultad No. 184 del 23 de abril de 2009 con el fin de incluir nuevas propuestas. De acuerdo con la Resolución 144 de 2010, Acta 009 del 13 de mayo, el Consejo de Facultad de Ingeniería especificó que los ciento ochenta (180) créditos exigidos del plan de estudios del programa curricular de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, están distribuidos y caracterizados así:

- a. Componente de Fundamentación:** cincuenta y ocho (58) créditos exigidos, de los cuales el estudiante deberá aprobar cincuenta (50) créditos correspondientes a asignaturas obligatorias y ocho (8) créditos correspondientes a asignaturas optativas en física, con la finalidad de reforzar en el estudiante, sus conocimientos en esta disciplina. Los 58 créditos obligatorios corresponden al 32% del total de créditos del plan de estudios.

La finalidad del Componente de Fundamentación, es la de darle al estudiante las bases teóricas que le permitan posteriormente, adquirir una formación más sólida en temas relacionados con matemáticas, física, química, modelación matemática, análi-

sis de sistemas complejos, administración, gestión de proyectos, análisis financieros; además de fomentar y estimular las capacidades de comunicación oral, escrita y expresión gráfica, tanto en público como a nivel personal.

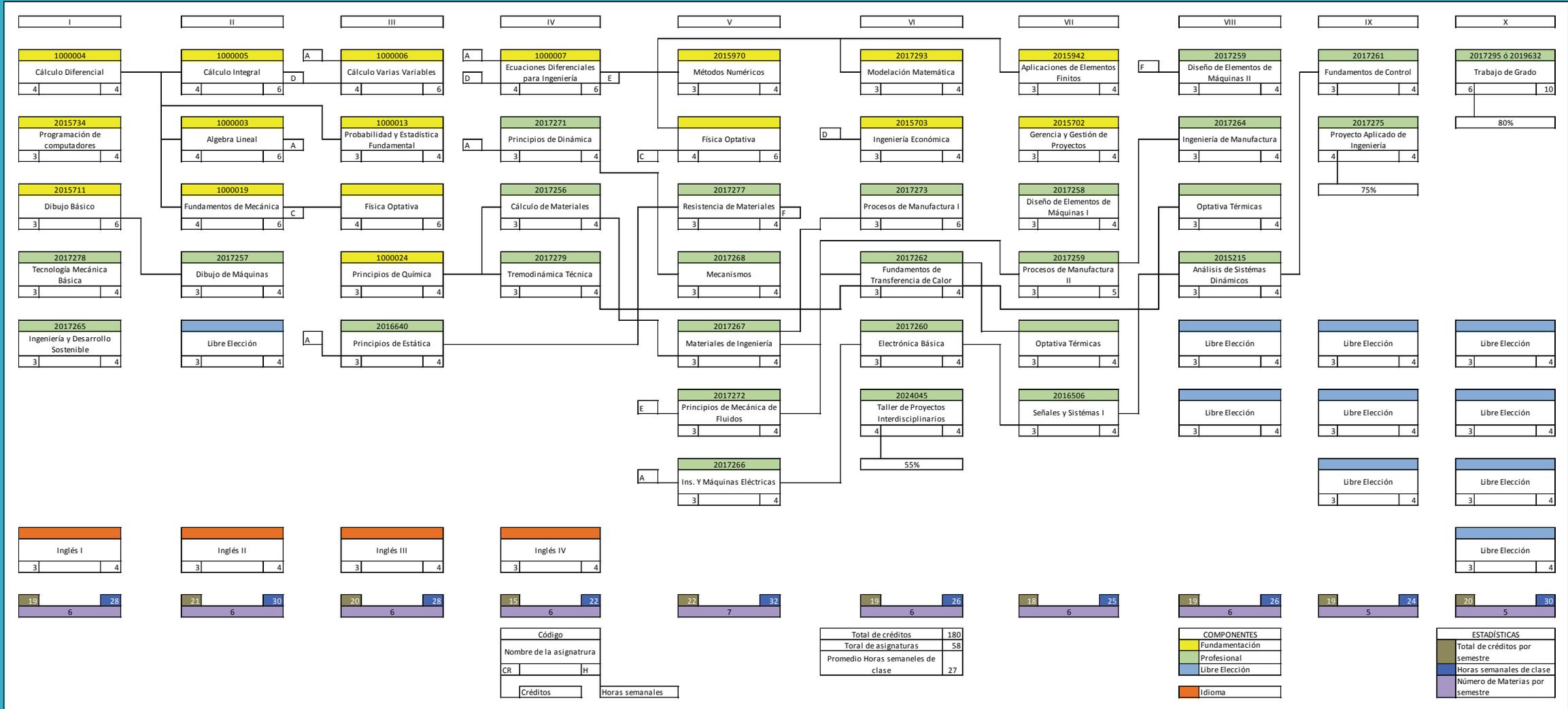
**b. Componente de Formación Disciplinar o Profesional:** ochenta y seis (86) créditos exigidos, de los cuales el estudiante deberá aprobar ochenta (80) créditos correspondientes a asignaturas obligatorias y seis (6) créditos correspondientes a asignaturas optativas. Los (86) créditos corresponden al 48% del total de créditos del plan de estudios. Dentro del Componente Disciplinar o Profesional se establecen las siguientes áreas de formación, que recogen los aspectos específicos del amplio campo de la Ingeniería Mecánica:

- ***Materiales de Ingeniería:*** su objetivo es ofrecer a los estudiantes los conceptos físico-químicos que permiten comprender la estructura interna de los materiales, estableciendo relaciones funcionales entre microestructura, composición, síntesis y procesamiento de los materiales empleados en la solución de problemas específicos de la Ingeniería Mecánica.
- ***Procesos de Manufactura:*** tiene como objetivo desarrollar en los estudiantes la capacidad para diseñar, planear, seleccionar y optimizar procesos y sistemas de manufactura orientados a la producción principalmente de componentes y sistemas mecánicos, aunque también se consideran productos industriales en otros sectores económicos y de aplicación. Dentro de este enfoque la formación en el área de procesos se orienta hacia el cumplimiento de requisitos de sostenibilidad ambiental, uso eficiente de los recursos, calidad, costo, productividad y flexibilidad. Igualmente se consideran aspectos del diseño para manufactura necesarios a tener en cuenta dentro del entorno del diseño concurrente de componentes y sistemas mecánicos. Adicionalmente dentro de esta área también se tienen en cuenta los conceptos de gestión y automatización de manufactura necesarios para lograr los requerimientos de la producción moderna.
- ***Diseño Mecánico:*** su propósito es apoyar la formación del estudiante en los diferentes tópicos que constituyen el campo del diseño de sistemas y componentes mecánicos. Se inicia con el estudio y la capacitación en las herramientas básicas necesarias para el dominio y ejercicio de la representación espacial de objetos, continúa con el estudio del comportamiento de sólidos bajo la acción de fuerzas, ya sea en reposo o en movimiento, cuerpos considerados rígidos o deformables y finaliza con el diseño de elementos de máquinas.
- ***Ciencias Térmicas y Fluidos:*** su fin radica en el estudio y desarrollo de tecnologías, para la obtención, transformación, transporte, almacenamiento y usos de la energía de manera eficiente, ambientalmente limpia, y económica viable. Parte del estudio detallado de los conceptos y las leyes de la termodinámica y de la transmisión de calor, hasta profundizar en el análisis de instalaciones y máquinas térmicas.

- **Diseño de Máquinas:** su objetivo es concebir, diseñar, manufacturar e implementar equipos y plantas de naturaleza mecánica, garantizando su funcionamiento, desempeño eficiente y mejora continua.
  - **Automatización y Control:** dado el actual alto grado de automatización y control de las máquinas y procesos, se hace indispensable que el futuro Ingeniero Mecánico, posea un buen conocimiento sobre temas, que en tiempos pasados, se consideraban de dominio exclusivo de otras ingenierías, como la Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica. Es por ello que el plan de estudios, incluye asignaturas como: Instalación y máquinas eléctricas, Electrónica básica, Señales y sistemas y Fundamentos de control, que capacitan al estudiante en estos temas y lo sitúan, competitivamente, dentro del actual mercado laboral.
  - **Ingeniería aplicada:** con el objetivo de fomentar el pensamiento estructurado y la formación constructivista, el plan de estudios incluye un bloque de cuatro asignaturas, que comienza en el primer semestre con la asignatura Ingeniería y Desarrollo Sostenible, en la cual se le brinda al estudiante un panorama amplio de lo que es la Ingeniería Mecánica; se continúa con Taller de Proyectos Interdisciplinarios, en donde el estudiante tiene la oportunidad de desarrollar un proyecto, aplicar los conocimientos adquiridos, con estudiantes de las otras ingenierías, luego el estudiante deberá diseñar y construir una máquina, en equipo con estudiantes de otras disciplinas de la Ingeniería, en la asignatura Proyecto Aplicado de Ingeniería, para finalmente desarrollar su Trabajo de grado, en donde deberá poner en práctica todo lo aprendido durante la carrera.
- c. **Componente de Libre Elección:** Treinta y seis (36) créditos exigidos, que corresponden al 20% del total de créditos del plan de estudios.

Este componente permite al estudiante aproximarse, contextualizar y/o profundizar en temas de su profesión o disciplina y apropiar herramientas y conocimientos de distintos saberes, tendientes a la diversificación, flexibilidad e interdisciplinaridad orientados a la formación integral.

Es objetivo de este componente, el acercar a los estudiantes a las tareas de investigación, profundización, extensión, emprendimiento y toma de conciencia de las implicaciones sociales de la generación de conocimiento. Las asignaturas que lo integran podrán ser contextos, Cátedras de Facultad o Sede, líneas de profundización o asignaturas de posgrado o de otros programas curriculares de pregrado de la Universidad Nacional de Colombia, u otras universidades con las cuales existan los convenios pertinentes. La Gráfica 1 muestra la malla curricular de la carrera de Ingeniería Mecánica.



Gráfica 1. Malla Curricular de la carrera de Ingeniería Mecánica

### C.3 Estrategias Pedagógicas

Las estrategias pedagógicas pueden definirse como el conjunto de procedimientos planeados y usados de forma consciente por el profesor, con la intención de alcanzar los objetivos de aprendizaje que definen a nuestro estudiante y egresado<sup>3</sup>. Las estrategias pedagógicas se pueden clasificar, según el énfasis establecido al interior del proceso educativo<sup>4</sup>, como estrategias centradas en los sujetos (docente y estudiante), en la mediación didáctica o en los objetos de conocimiento. El Programa de Ingeniería Mecánica emplea las siguientes estrategias didácticas como mecanismo para poder cumplir los objetivos de formación expuestos anteriormente.

- **Aprendizaje basado en problemas:** esta estrategia de aprendizaje consiste en que el profesor formule y proponga a los estudiantes un problema real de ingeniería que carece de solución conocida o de información suficiente para solucionarlo<sup>5</sup>. Los estudiantes se organizan en pequeños equipos de trabajo colaborativo para analizar el escenario del problema, realizar un listado de hipótesis o ideas para solucionarlo, identificar qué se sabe y qué se desconoce, definir las actividades a realizar, proponer y ejecutar un esquema de trabajo que permite aprender y aplicar el saber a la solución del problema y socializar los resultados.
- **Aprendizaje basado en proyectos:** en esta estrategia de aprendizaje el profesor propone a los estudiantes la formulación, planeación, ejecución y evaluación de un proyecto. Los proyectos deben tener aplicación en el mundo real, estar claramente definidos, obtener productos tangibles y brindar oportunidades de reflexión, autoevaluación y retroalimentación por parte de expertos. La estrategia requiere que los estudiantes se organicen en pequeños equipos de trabajo, lo cual les permite desarrollar habilidades específicas de planeación, organización y ejecución de actividades.
- **Enseñanza Tradicional:** es una estrategia de enseñanza empleada por el profesor para transmitir a los estudiantes conocimientos, siguiendo la lógica marcada por los propios saberes disciplinares. Esta estrategia es válida cuando:
  - a. El profesor es un experto en el área.
  - b. El conocimiento a transmitir es informativo.
  - c. El ambiente de trabajo académico es limitado y por lo tanto es necesario recurrir a elementos comprobados y procedimientos estandarizados.
- **Enseñanza Expositiva:** esta estrategia de enseñanza, al igual que la tradicional, es empleada por el profesor para transmitir conocimiento a los estudiantes, pero se diferencia en que incorpora la lógica de pensamiento del estudiante al organizar los contenidos en una estructura jerárquica que permite ir de lo general a lo específico.

3 Díaz-Barriga, F. y Hernández G. Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista. 2. México: McGraw Hill, 2003. págs. 231-267.

4 Parra Pineda, Doris María. Manual de Estrategias de Enseñanza/Aprendizaje. Medellín: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, 2003.

5 Guerrero Ortíz, Luis y Terrones Álvarez, Dayanna. Repertorio de Estrategias Pedagógicas. Piura: PROMEB, 2003.

De esta forma, se pretende que los estudiantes asuman como propios los conceptos científicos.

Las anteriores estrategias pedagógicas, gracias a su carácter flexible, pueden ser adaptadas o modificadas por el profesor dependiendo de los objetivos de aprendizaje de su asignatura y del avance de sus estudiantes durante el semestre académico.

#### C.4 Desarrollo Curricular

El desarrollo curricular del Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, se enmarca en el contexto del avance en innovación de la educación en ingeniería. Con el fin de posicionar la perspectiva curricular actual del Programa, conviene realizar un breve recuento del desarrollo histórico y antecedentes de la educación en ingeniería en Colombia<sup>6</sup>, donde se identifican tres grandes fases de desarrollo: un enfoque práctico sobre la década de los 50's, uno de ciencia y práctica en la década de los 60's y a partir de los 80's un enfoque de ciencia e ingeniería (universidad de investigación).

Antes de 1950, la ingeniería fue enseñada en gran parte por personas con experiencia industrial. La pedagogía de la ingeniería, o el arte de enseñar a los estudiantes cómo ser ingenieros, fue basada en gran medida en la práctica e incluyó las habilidades personales e interpersonales entrelazadas con las habilidades necesarias de ingeniería para la construcción de sistemas. Después de la llamada Edad de Oro de los años 1950's y 60's, la ingeniería fue enseñada por un balance de un profesorado con amplia experiencia en la industria y un nuevo profesorado más joven, orientado hacia la investigación. Así, la nueva ciencia disciplinar se entrelazaba con la práctica. Sin embargo a través de las décadas siguientes (80's – 90's), los profesores con experiencia en la industria se fueron retirando y fueron reemplazados por los investigadores para formar la Universidad de Investigación, con un enfoque de ingeniería basado en ciencia. La consecuencia involuntaria y menos deseada, fue un cambio cultural en la pedagogía de la ingeniería que disminuyó sustancialmente el valor percibido de aquellas habilidades y destrezas claves de orden personal, interpersonal y de construcción de sistemas de ingeniería que previamente habían sido el sello distintivo de una enseñanza de la ingeniería.

La reflexión interna de la Universidad en el llamado Proceso de Reforma Académica que concluyó en 2008, flexibilizó los planes de estudios, abriendo espacios académicos de formación complementaria para los estudiantes, con el fin de buscar una formación de tipo integral. Adicionalmente el Programa de Ingeniería Mecánica busca un balance adecuado entre la práctica de ingeniería y el conocimiento disciplinar de ciencias y matemáticas, de forma tal que los egresados puedan responder a las necesidades de creación, implementación y operación de sistemas, procesos y productos requeridos para resolver los problemas de la sociedad moderna, con un diálogo constructivo entre los actores académicos, industriales y gubernamentales.

6 Basado en la visión del Dr. Dave C Wisler, investigador y consultor académico, vicepresidente Senior 2006-2010 de la Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME)

La Facultad de Ingeniería ha identificado necesidades de aprendizaje de los estudiantes y creado una secuencia de experiencias de aprendizaje para satisfacer esas necesidades. Por tal motivo, el currículo del Programa apoya las disciplinas técnicas altamente entrelazadas con las habilidades personales e interpersonales. El programa es rico en experiencias de diseño e implementación para los estudiantes, llevadas a cabo en espacios de trabajo modernos. Las experiencias cuentan con el aprendizaje activo y experimental y se mejoran continuamente a través de un proceso sólido de evaluación de calidad.

El Plan de Estudios de la carrera busca la obtención de sus objetivos de formación de manera progresiva y estructurada, permitiendo al estudiante encontrar su vocación y aprovechar la flexibilidad del currículo una vez este haya cumplido los requisitos necesarios para asumir su componente flexible.

Se busca que cada componente de formación tenga una meta clara y se encadene con los demás componentes, de manera que al finalizar su plan de estudios, el ingeniero mecánico de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, cumple con las expectativas y necesidades de nuestra sociedad. A continuación se hace una breve descripción de las metas propuestas en cada uno de estos componentes, las estrategias que se utilizan para obtener estos resultados y su encadenamiento con el Plan de estudios como un todo.

#### **C.4.1 *Componente de Fundamentación***

El componente de fundamentación busca afianzar en el estudiante los conocimientos básicos necesarios para poder entender temas específicos de su profesión. Este componente introduce y contextualiza el campo de conocimiento por el que optó el estudiante desde una perspectiva humanística, ambiental y cultural. Identifica las relaciones generales que caracterizan los saberes de las distintas disciplinas y profesiones del área, el contexto nacional e internacional de su desarrollo, el contexto institucional y los requisitos indispensables para su formación integral, siendo las estrategias de enseñanza tradicional y expositiva las más utilizadas.

En el Componente de Fundamentación se hace difusión de los programas de Facultad y de Sede para apoyo a los estudiantes de primeros semestres en su inserción a la Universidad y en su manejo de las asignaturas con alto índice de reprobación. Estos programas son: Sistema de acompañamiento estudiantil, la asignatura Matemáticas Básicas, el acompañamiento de monitores y el programa ALEX.

#### **C.4.2 *Componente Disciplinar o Profesional***

El componente Disciplinar o Profesional se encarga de darle a los estudiantes los fundamentos de su profesión, fomentado el pensamiento estructurado y el constructivismo. Este componente suministra al estudiante el lenguaje básico de su profesión o disciplina, las teorías, métodos y prácticas fundamentales, cuyo ejercicio formativo, investigativo y de extensión le permitirá integrarse con una comunidad profesional o disciplinar determinada. El Trabajo de Grado en cualquier modalidad hará parte de

este componente. Se busca que el estudiante sea capaz de plantear una hipótesis y buscar una solución en torno a la problemática planteada utilizando las herramientas propias de la ingeniería. En esta etapa de la formación, se utilizan las estrategias tradicionales y expositivas y se introduce de manera explícita la formación basada en la solución de problemas. Se busca que el estudiante sea autónomo en su aprendizaje, capaz de trabajar en equipo y puede ser crítico ante soluciones a problemas, presentadas desde una perspectiva de la ingeniería.

En el Componente Disciplinar hay continuo apoyo y mejoramiento a las asignaturas desde los grupos de investigación por la participación de los docentes y estudiantes en proyectos y semilleros de investigación, apoyo a los estudiantes para la participación en los programas de Intercambio Académico Internacional, Prácticas estudiantiles y Pasantías.

### **C.4.3 Componente de Libre Elección**

Este componente permite al estudiante aproximarse, contextualizar y/o profundizar temas de su profesión o disciplina y apropiar herramientas y conocimientos de distintos saberes tendientes a la diversificación, flexibilidad e interdisciplinariedad. El objetivo de este componente es acercar a los estudiantes a las tareas de investigación, extensión, emprendimiento y toma de conciencia de las implicaciones sociales de la generación de conocimiento. El componente de libre elección busca fomentar el trabajo interdisciplinario y una formación integral, generando conciencia del impacto que la ingeniería tiene sobre otras disciplinas y la sociedad en general. Dentro de este componente se puede resaltar la práctica estudiantil como un mecanismo donde el estudiante es enfrentado a un problema y debe buscar la solución dentro de un grupo de trabajo multidisciplinario. La práctica estudiantil está concebida como una estrategia de aprendizaje basada en proyectos.

En el Componente de Libre Elección se hace una revisión periódica de las asignaturas disponibles para los estudiantes del programa, con el fin de seleccionar y aconsejar a los estudiantes sobre las asignaturas que contribuyen de mejor forma a su perfil.

## **C.5 Actualización del Currículo**

En concordancia con el enfoque del Programa, profesores reunidos por áreas temáticas del conocimiento, liderados desde la Dirección de Área Curricular y por un entusiasta grupo de profesores interesados en los aspectos de mejoramiento curricular, trabajan constantemente en la conceptualización y redefinición de los objetivos esperados de aprendizaje del Programa, de manera que estos puedan posteriormente ser evaluados y actualizados. Se espera que como resultado del proceso y contando con la participación de estudiantes, docentes, y representantes de la industria y la sociedad, se tenga un mejor conocimiento y comprensión de las necesidades de formación de los estudiantes y se incorporen acciones de mejora tanto a nivel del currículo, como en el quehacer docente en los procesos

de enseñanza-aprendizaje y en los estándares de educativos de la Ingeniería Mecánica de cara al siglo XXI.

Existen en general tres perspectivas desde las cuales se debe evaluar permanentemente el plan de estudios del programa curricular de Ingeniería Mecánica: la normativa, la interna y la externa (egresados y entorno).

La normatividad por la cual se rige el DIMM está comprendida por el conjunto de Decretos, Resoluciones y Directivas que emite el Gobierno Nacional con el fin de alcanzar un nivel mínimo en la educación superior ofrecida en el país. Como referentes en esta parte se encuentran los siguientes documentos:

- Resolución número 2773 del 13 de Noviembre de 2003 del Ministerio de Educación Nacional: "Por la cual se definen las características específicas de calidad para los programas de formación profesional de pregrado en Ingeniería".
- Decreto 1295 del 20 de Abril de 2010 del Ministerio de Educación Nacional: "Por el cual se reglamenta el registro calificado de que trata la Ley 1188 de 2008 y la oferta y desarrollo de programas académicos de educación superior".
- Directiva Ministerial No 20 del 27 de Septiembre de 2004 de la Ministra de Educación Nacional: "Modificaciones sustanciales de programas académicos".
- Lineamientos para la acreditación de programas de pregrado. Consejo Nacional de Acreditación, Enero de 2012.

La perspectiva interna se refiere principalmente a los documentos que surgen desde la Universidad Nacional y que tienen como objetivo la evaluación, acreditación y seguimiento permanente a los programas de pregrado. El documento que recopila esto se desarrolló en el año 2009 y lleva como título "Sistema de evaluación y seguimiento de los resultados obtenidos en los procesos académicos de la Universidad Nacional de Colombia para el mejoramiento continuo de sus funciones". En este sistema se establecen unas responsabilidades para cada uno de los niveles de dirección de la Universidad, dejando a las Facultades las responsabilidades de autoevaluación, seguimiento, retroalimentación y planteamiento de propuestas de mejoras. Específicamente para el desarrollo de estas tareas se compromete a la Dirección del Departamento y a la Dirección de Área Curricular, en armonía con lo que precisa el Consejo Nacional de Acreditación - CNA.

El último aspecto de evaluación consiste en identificar desde el punto de vista de los egresados y del entorno económico local y nacional lo que se espera y cuál es la demanda del profesional en Ingeniería Mecánica. Para esto se cuenta con la ayuda de la Asociación de Ingenieros Mecánicos y Mecatrónicos (AIMUN) de la Universidad Nacional de Colombia y la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM). Así mismo, en este punto se incluye la revisión de los criterios de evaluación de programas según diferentes organismos internacionales como ABET-Accreditation Board for Engineering and Technology, LACCEI-Latin

American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions (Consortio Latinoamericano y del Caribe de Instituciones de Ingeniería), ASEE-American Society for Engineering Education (Sociedad Americana para la Educación en Ingeniería) y ASIBEI-Asociación Iberoamericana de Facultades de Ingeniería. Finalmente se realiza una evaluación comparativa entre los programas de Ingeniería Mecánica ofrecidos por otras Universidades con la colaboración de entidades como la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la Dirección del Departamento y la Dirección de Área Curricular solicitan a cada una de las Secciones (Diseño, Ciencias Térmicas y Fluidos, Automatización y Control, Materiales y Manufactura) que evalúen los currículos de los Componentes Profesional y de Libre Elección a su cargo, teniendo en cuenta criterios tecnológicos, ambientales, ocupacionales, institucionales y económicos. A partir de esta revisión se proponen los cambios respectivos a la Dirección de Área Curricular, la cual es la encargada de clasificarlos como actualizaciones o cambios estructurales. La diferencia entre ellos se encuentra descrita en la Directiva Ministerial No. 20 del 27 de septiembre de 2004, y radica en la identificación de cambios en los cuales ni el número de créditos ni la estructura del programa se modifica (actualización) o donde si va a existir una reestructuración del programa.

La Dirección de Área Curricular es la encargada de socializar los cambios propuestos ante la Dirección de Departamento y los profesores, para obtener una realimentación al respecto y generar las mejoras respectivas. Esta información debe además presentarse a los estudiantes y posteriormente al Consejo de Facultad de Ingeniería, quién se encargará de su revisión para radicarlas ante el Consejo de Sede.

## D. ARTICULACIÓN CON EL MEDIO

El Programa de Ingeniería Mecánica ha impulsado una serie de acciones estratégicas que permiten su interacción sinérgica con el medio académico, el sector productivo y la sociedad en general. Las acciones establecidas para fomentar la articulación del Programa con el medio, están alineadas con la misión y visión de la Institución y el Programa y están pensadas como motor para la promoción del mejoramiento continuo. Esto permite que nuestro plan de estudios, junto con la visión y misión del Programa, se mantengan vigentes (actualizados) a nivel internacional, contextualizados según las necesidades del país y con una amplia proyección social. El Programa cuenta con estrategias y mecanismos que articulan los procesos de docencia, investigación y extensión, favorecen la interdisciplinariedad y buscan el mejoramiento continuo del proceso formativo. En general se busca generar alianzas estratégicas y crear redes sociales que favorezcan la transformación positiva del país.

El *Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica (DIMM)* contempla en su plan de formación, un componente flexible del 20% sobre el total de créditos y brinda la posibilidad de cursar una de las siguientes modalidades como opción de grado:

- a. Trabajo monográfico
- b. Seminario de investigación
- c. Participación en proyectos de investigación
- d. Pasantías nacionales y en el exterior
- e. Proyecto final
- f. Asignaturas de posgrado
- g. Participación en programas docente-asistenciales

Estos componentes han dinamizado la participación de los estudiantes en programas de intercambio académico, proyectos de investigación, cursos de posgrado y semilleros de investigación. Buscando consolidar la formación social e integral de los estudiantes mediante procesos participativos, el Programa, el DIMM y la Facultad, han fortalecido los siguientes aspectos:

- Movilidad Académica
- Prácticas y Pasantías
- Articulación con la Investigación
- Articulación con los Egresados

## D.1 Movilidad académica

La movilidad de estudiantes y docentes busca socializar, tanto local como globalmente, los avances más relevantes del Programa mediante presentaciones en congresos, misiones académicas, estancias investigativas e intercambio de profesores.

La Universidad cuenta con programas que promueven la internacionalización del conocimiento, cubriendo un amplio sector de la comunidad académica. El DIMM cuenta con un programa de movilidad que abarca a estudiantes y docentes y se complementa con programas de la Facultad y de la administración central de la Universidad. Los estudiantes del Programa pueden optar por:

- Realizar su trabajo de grado en otra universidad
- Participar en conferencias/seminarios con apoyo económico
- Realizar prácticas estudiantiles en laboratorios de otras sedes y universidades

Los profesores pueden recibir, entre otros, apoyo para:

- Participar en conferencias/seminarios con apoyo económico
- Realizar estudios de posgrado
- Realizar estancias investigativas

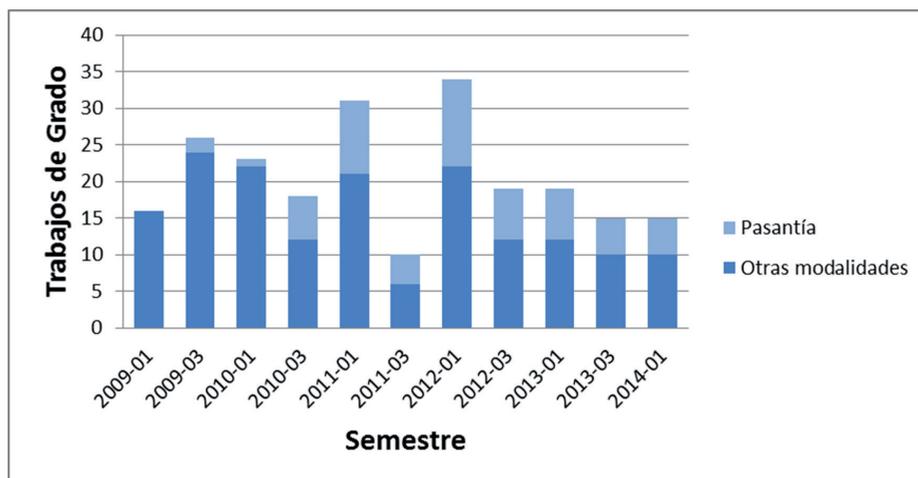
El DIMM cuenta con una serie de convenios con universidades y centros de investigación de alta calidad académica a nivel mundial que se administran a través de la Oficina de Relaciones Interinstitucionales – ORI. El principal objetivo es proporcionar a la comunidad académica herramientas para promover la transferencia de conocimiento, fortalecer las alianzas y la creación de redes y generar espacios de discusión que van desde coloquios, pasando por seminarios, cátedras internacionales y conferencias.

La movilidad y la internacionalización del conocimiento son de suma importancia, ya que nos permiten formar ingenieros con una mayor capacidad de proyectarse ante problemáticas locales con una visión global.

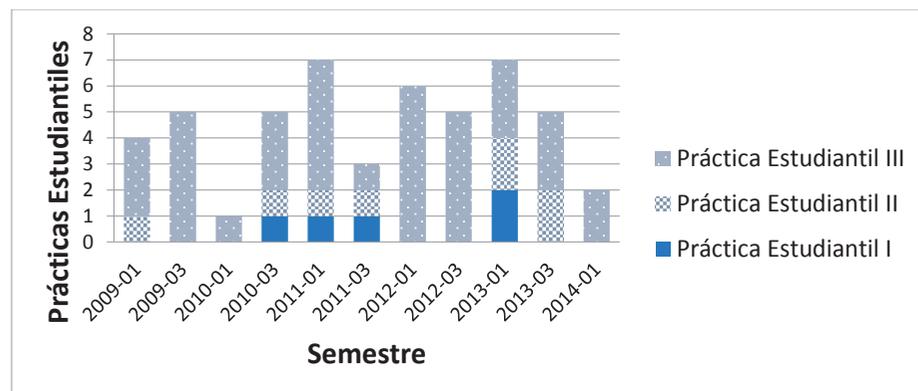
## D.2 Prácticas y pasantías

La interacción con el sector productivo nacional permite delimitar las áreas de formación que se deben fortalecer para suplir las necesidades de nuestra sociedad. La implementación del programa de prácticas y pasantías de la Facultad y la herramienta SPOPA<sup>7</sup> han permitido que los estudiantes interactúen con diversas empresas antes de terminar su plan de estudios (Gráfica 2 y Gráfica 3).

7 <http://www.spopa.unal.edu.co/SPOPA-web/faces/index.xhtml>



**Gráfica 2. Pasantías semestrales realizadas entre 2009-01 y 2014-01**



**Gráfica 3. Prácticas estudiantiles semestrales realizadas entre 2009-01 y 2014-01**

El DIMM ha establecido una estrecha relación con el sector productivo privado y organismos estatales, lo cual facilita a los estudiantes realizar pasantías en instituciones privadas y públicas. Los socios estratégicos del Programa se encuentran principalmente en el sector minero-petrolero, sectores energéticos, manufactureros, ensambladores y el sector de las TIC's. De manera adicional y gracias al papel protagónico que juega la Universidad dentro de la formulación de políticas de impacto nacional y regional, los estudiantes y profesores acceden frecuentemente a intercambios con entidades de carácter público del orden nacional y local. Estos intercambios, tanto del sector público como privado, han brindado una visión más integral de las necesidades del país a los miembros de la comunidad académica del Departamento.

### D.3 Articulación con la investigación

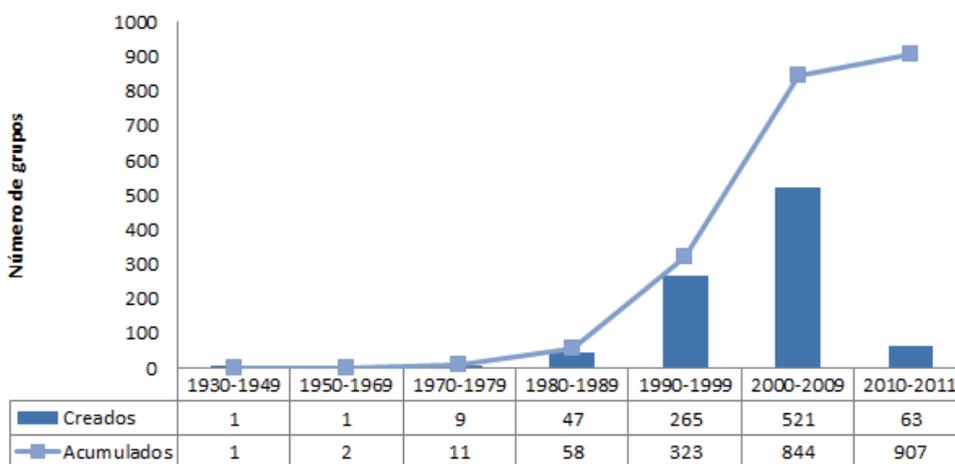
La investigación se concibe como un proceso que comienza desde el pregrado, busca generar en los estudiantes un pensamiento estructurado y constructivista desde el inicio de su formación y pretende incentivar el encadenamiento con programas de posgrado. La

investigación fortalece los procesos de aprendizaje ya que permite que el estudiante aplique y desarrolle su creatividad mediante el tratamiento de un problema específico. La investigación fomenta la aplicación de las herramientas técnicas y sociales adquiridas por el estudiante durante el desarrollo del plan de estudios.

El DIMM está orientado hacia el desarrollo de actividades de docencia (en sus seis programas académicos, dos de pregrado, dos de maestría y dos de doctorado), extensión e investigación. La formación investigativa del DIMM se fundamenta en la búsqueda de soluciones a problemas locales, regionales e internacionales, a través de la aplicación de la tecnología, resaltando contribuciones científicas en las áreas de:

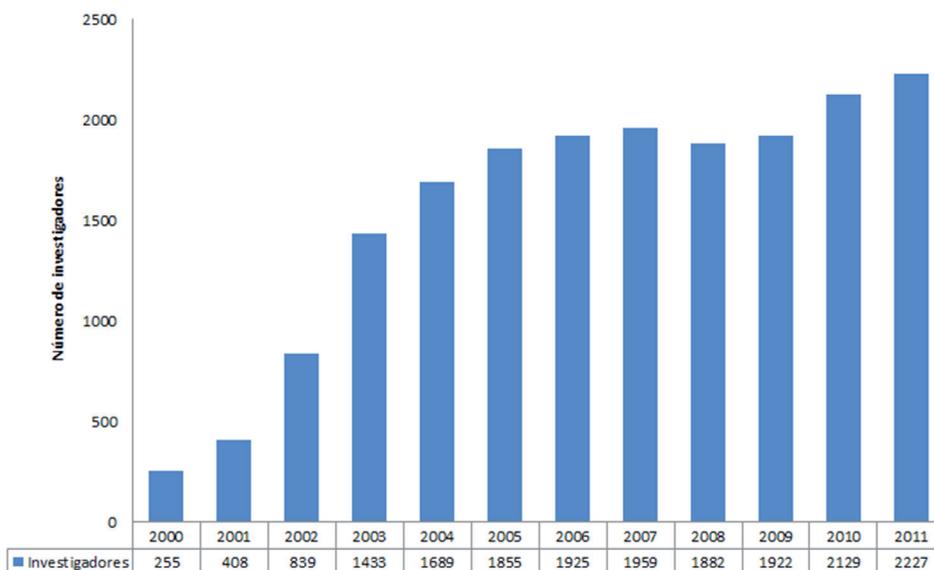
- Materiales y Procesos de Manufactura
- Diseño de Máquinas
- Ciencias Térmicas y Fluidos
- Ingeniería Biomédica
- Automatización

Gracias a la orientación y vocación hacia la investigación por parte de los profesores del DIMM, se han conformado grupos de investigación que giran en torno a problemas concretos y preguntas científicas comunes al desarrollo de la profesión de la ingeniería mecánica y sus áreas relacionadas. Además, se han creado redes de investigación al interior de la Universidad, a nivel nacional e internacional que permiten la colaboración de estos grupos con sus pares. La Universidad ha fomentado la creación de estos grupos desde los años treinta del siglo pasado, como se observa en la Gráfica 4. En la década de los noventa se incrementó considerablemente el número de grupos de investigación de la Universidad y crecen en las décadas siguientes, para alcanzar un número total de 907 grupos en el año 2011. Este número de grupos ha incrementado sustancialmente con la vinculación



**Gráfica 4.** Grupos de investigación en la Universidad Nacional desde el año 1930.

de profesores doctores a la nómina de la Universidad (Gráfica 5), lo que ha permitido diversificar aún más el conocimiento e incluir a estudiantes de pregrado y posgrado en las investigaciones desarrolladas en cada Facultad.



**Gráfica 5. Número de investigaciones en la UN.**

**Nota:** Un investigador es aquel docente de planta que ha desarrollado un proyecto de investigación o ha reportado un producto de nuevo conocimiento en una ventana de tres años.

En el DIMM, el número de grupos de investigación ha presentado un constante aumento en los últimos veinte años. La tradición investigativa se inicia en el año 1991, con la creación del primer grupo, liderado por los profesores del área de diseño de máquinas, siendo el grupo GIDMAQ, el primer núcleo de formación de investigadores en el Departamento. Los grupos relacionados con el DIMM en la actualidad se muestran en la Tabla 1, donde se observa la diversidad de temas de trabajo que están incluidos en el sistema nacional de ciencia y tecnología y que responden a la clasificación de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad, Investigaciones en Energía y Minería, Ciencias Sociales y Humanas, Ciencia y Tecnología de la Salud y Ciencias Básicas. Como se observa, la diversidad de temas y la inclusión de otras disciplinas muestran un Departamento inter y transdisciplinario que promueve la generación de nuevo conocimiento en áreas afines a la ingeniería mecánica.

**Tabla 1. Grupos de Investigación en el DIMM.**

SIGLA	Integrantes Activos	Líder de GRUPO
AGROSPECTIVA	8	Juan Edilberto Rincón
BIOT	19	Sonia Lucia Rincón
BIOMECÁNICA	38	Carlos Julio Cortés

SIGLA	Integrantes Activos	Líder de GRUPO
GIDMAQ	19	Juan Edilberto Rincón
GAUNAL	61	Jairo José Espinosa
GNUM	27	Diego Alexander Garzón
AFIS	49	Edgar Espejo
COMBUSTIBLES	32	Helmer Rodolfo Acevedo
CORROSIÓN	19	Oscar Edwin Piamba
OPTIMUN	13	Nelson Arzola
NUEVAS TECNOLOGÍAS	38	Ernesto Córdoba Nieto
IPMIM	29	Rodolfo Rodríguez
GESTIÓN ENERGÉTICA	21	Fabio Emiro Sierra
UNROBOT	19	Ricardo Emiro Ramírez
<b>TOTAL DIMM</b>	<b>392</b>	

En la Sede Bogotá, los recursos para la promoción de la investigación son administrados por la División de Investigación, Bogotá –DIB<sup>8</sup>. A nivel de Facultad, esta tarea es realizada por la Vice-Decanatura de Investigación y Extensión<sup>9</sup>, cuya labor es promover y apoyar lo relacionado con la gestión de la investigación y la extensión.

Las estrategias para promover la investigación en el Programa, tienen sus fundamentos en los lineamientos generales de la Universidad y hacen parte del proceso de formación integral de los estudiantes, según se manifiesta en los planes de desarrollo de la Institución, Plan Global<sup>10</sup> y de la Facultad<sup>11</sup>. La investigación se fomenta mediante:

- **Semilleros de investigación:** de acuerdo a los objetivos planteados, existen programas de apoyo Institucional a la conformación de semilleros de investigación y el compromiso del Departamento ha permitido que varios de estos semilleros de investigación se desarrollen. Se debe resaltar que los semilleros deben formar parte de uno de los grupos de investigación del Departamento, y como tal, las relaciones de estos grupos con pares académicos (nacionales o extranjeros) es una importante herramienta para la divulgación de resultados.
- **Asignaturas de profundización:** las asignaturas de profundización forman parte del componente flexible del Programa y son un espacio para la difusión de los procesos de investigación desarrollados por los docentes de éste y le permiten al estudiante profundizar en las distintas ramas del conocimiento.

8 <http://www.dib.unal.edu.co/>

9 <http://www.ing.unal.edu.co/vcdinv/>

10 <http://www.onp.unal.edu.co/#tabs-2>

11 [http://www.ing.unal.edu.co/admfac/decanatura/docs/dir\\_estrategico.html](http://www.ing.unal.edu.co/admfac/decanatura/docs/dir_estrategico.html)

- **Pasantías de investigación:** en las pasantías, tanto de estudiantes como de profesores, se realizan estancias investigativas en centros reconocidos a nivel nacional e internacional, en donde se desarrollan proyectos específicos en áreas relacionadas con la misión y visión del Programa.
- **Trabajo de Grado – Modalidad Asignaturas en Posgrado y Seminario de investigación:** el trabajo de grado, en su modalidad de asignaturas en posgrado y seminarios de investigación, busca promover las labores de investigación de la Facultad y facilitar la transición de los estudiantes a programas de posgrado, dándoles la oportunidad de interactuar con grupos de investigación y conocer los retos de un programa de posgrado.
- **Participación en Grupos de Investigación:** el grado de formación de los profesores del Departamento y su capacitación continua, han mostrado un avance significativo en la participación de la comunidad académica en programas y proyectos de investigación financiados por entidades como Colciencias, sector privado, Ecopetrol, entidades públicas como ministerios o secretarías gubernamentales. Estos proyectos y programas son alternativas para que los estudiantes del Programa afiancen sus conocimientos en investigación y promuevan prácticas de desarrollo de conocimiento mediante procesos de investigación y/o desarrollo tecnológico.

#### D.4 Articulación con los egresados

La vinculación de egresados en los procesos de autoevaluación, permite tener un panorama actual de la vida laboral de los ingenieros mecánicos y promueve el mejoramiento continuo del programa académico. El DIMM, con el apoyo de la AIMUN<sup>12</sup>, ha implementado acciones de seguimiento y retroalimentación de profesionales y egresados del Programa. AIMUN es una asociación gremial, integrada por egresados de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Colombia. La junta directiva está integrada por ocho ingenieros mecánicos y/o mecatrónicos, el Director del Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica y el Director Curricular del Departamento. En la actualidad la Junta Directiva la integran seis ingenieros mecánicos y dos ingenieros mecatrónicos.

Estas acciones, junto al Sistema de Información del Egresado (SIE)<sup>13</sup>, han buscado fomentar la generación de redes y espacios que permitan el desarrollo profesional y continuo de nuestros egresados, además de una permanente y efectiva comunicación con los mismos.

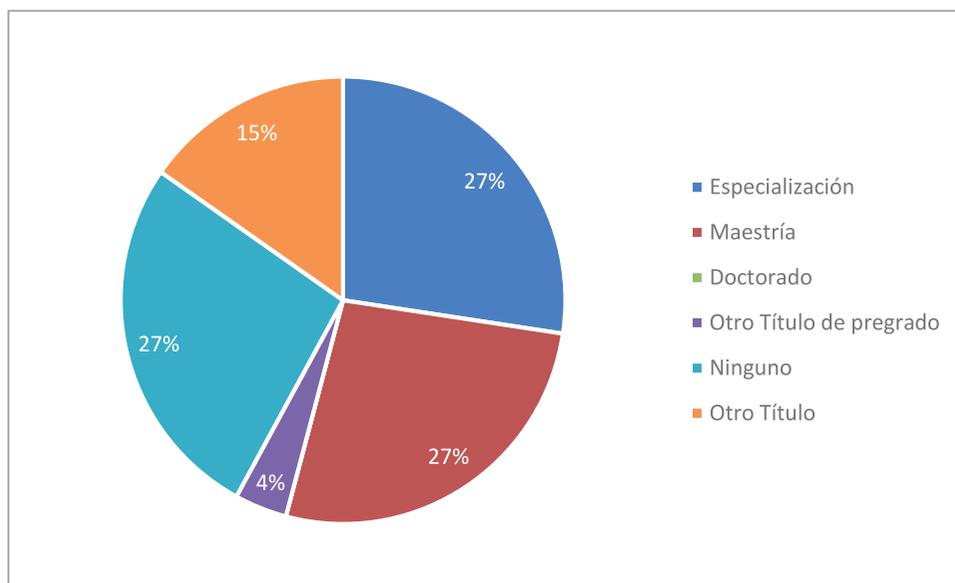
Algunos de los servicios que ofrece la AIMUN y los cuales fortalecen el diálogo entre el Programa y sus egresados son:

<sup>12</sup> <http://www.aimun.org.co/>

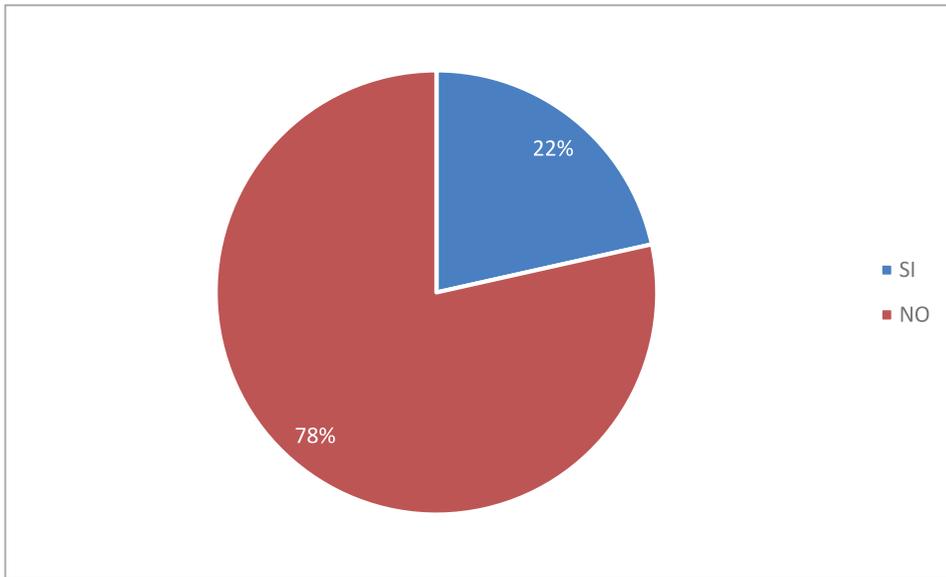
<sup>13</sup> <http://www.portalegresados.unal.edu.co/>

- Cada año se dan a conocer a los egresados más de cien solicitudes de la industria para vincular ingenieros mecánicos o mecatrónicos con diferentes niveles de experiencia, en la mayoría de los casos ofreciendo posibilidades de mejora en posición laboral.
- La Asociación ofrece periódicamente diferentes modalidades de cursos y diplomados para perfeccionar las capacidades de los egresados, entre otros:
  - Diplomado de soldadura
  - Diplomado de automatización industrial
  - Diplomado de moldes para plásticos
  - Diplomado de troqueles
  - Curso de producción y distribución de aire comprimido
  - Curso teórico práctico de válvulas y actuadores
  - Curso de evaluación económica de proyectos
  - Taller de negociación

En las Gráficas 6 y Gráfica 7 se muestran datos de una encuesta realizada por la AIMUN en el año 2012 a 157 egresados del DIMM vinculados con la Asociación. La Gráfica 6 muestra la formación académica de los egresados complementaria durante sus años de ejercicio de la profesión. Por otro lado, la Gráfica 7 muestra qué porcentaje de los egresados encuestado son emprendedores y actualmente son propietarios de una empresa del sector de la ingeniería mecánica y/o mecatrónica.



**Gráfica 6.** Formación académica complementaria de los egresados del DIMM



**Gráfica 7. Porcentaje de egresados del DIMM que son socios o propietarios de empresas**

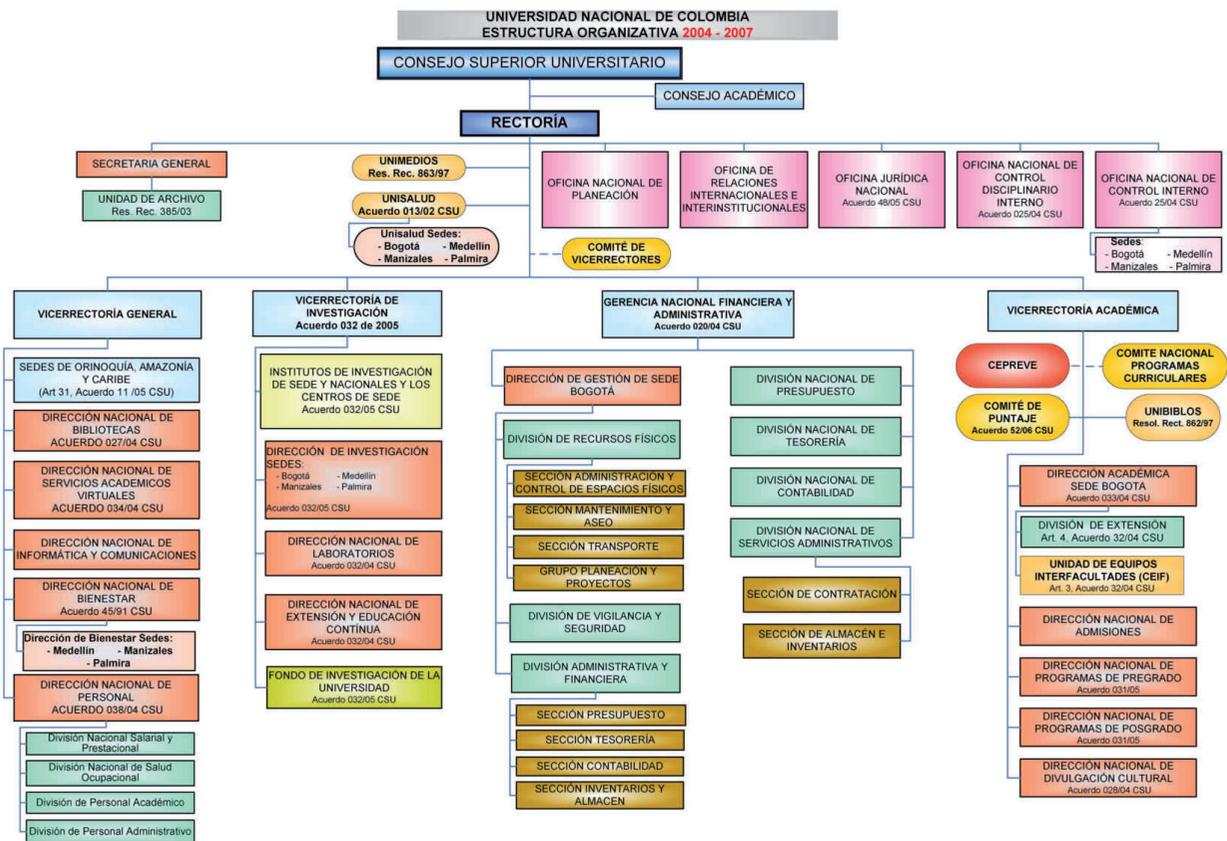
## E. APOYO A LA GESTIÓN DEL CURRÍCULO

### E.1 Organización administrativa

La estructura orgánica de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá se presenta a continuación:

#### E.1.1 Estructura Organizacional Nivel Nacional<sup>14</sup>

En la Gráfica 8 se muestra la estructura organizacional a nivel nacional de la Universidad Nacional de Colombia.



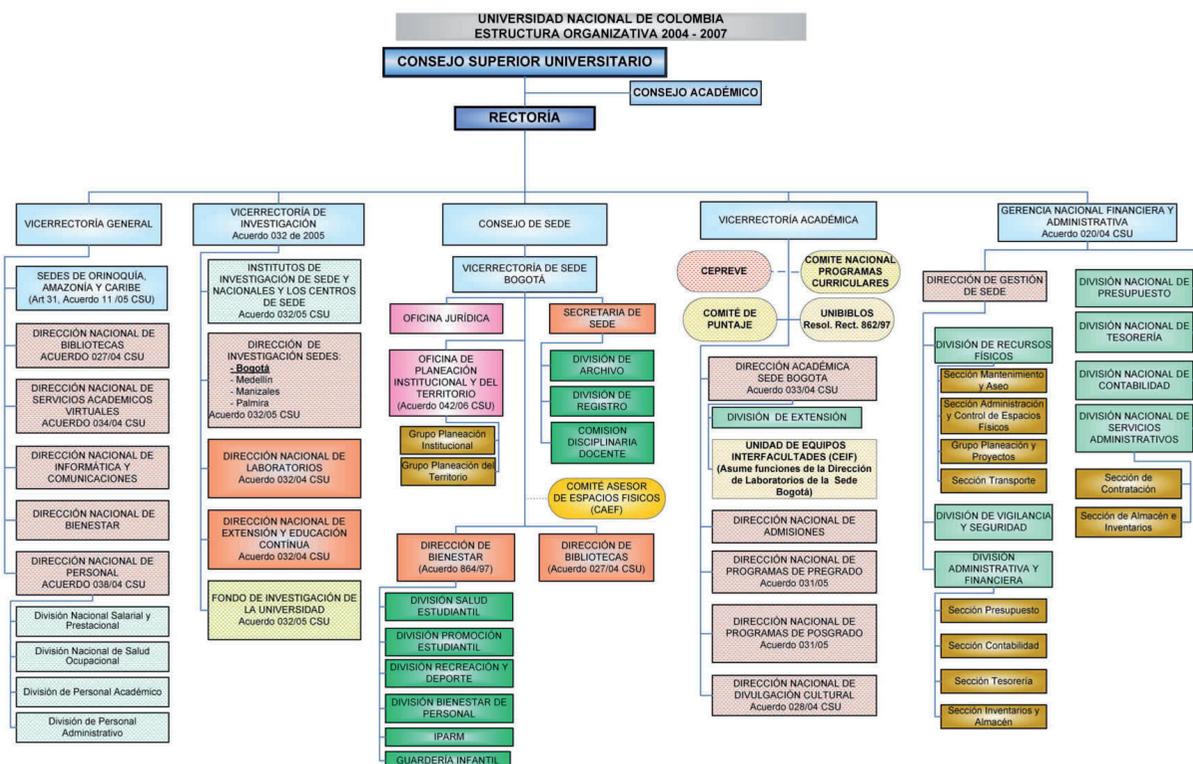
**Gráfica 8. Estructura organizacional de la Universidad Nacional de Colombia**

El ente director de la Universidad Nacional de Colombia es el Consejo Superior Universitario y su ejecutor principal es el Rector, quien está apoyado por el Secretario General, el Consejo Académico, los Vicerrectores General, Académico y de Investigación y el Gerente Nacional Financiero y Administrativo. Cada una de las Sedes tiene una organización propia que depende de la estructura de nivel Nacional.

14 [http://www.unal.edu.co/contenido/sobre\\_un/organi\\_3.jpg](http://www.unal.edu.co/contenido/sobre_un/organi_3.jpg)

### E.1.2 Estructura Organizacional de la Sede Bogotá

La Sede Bogotá depende del Consejo Superior Universitario y del Rector de la Universidad. Tiene una estructura propia donde su ente directivo es el Consejo de Sede y su ejecutor principal es el Vicerrector de Sede. En la Gráfica 9 se muestra el organigrama de la Sede Bogotá.



**Gráfica 9.** Estructura organizacional Sede Bogotá y su relación con el Nivel Central<sup>15</sup>

En la Gráfica 10 se muestra el organigrama separado de la Sede Bogotá. La Sede Bogotá está compuesta por 11 Facultades:

1. Agronomía
2. Artes
3. Ciencias
4. Ciencias Económicas
5. Ciencias Humanas
6. Derecho

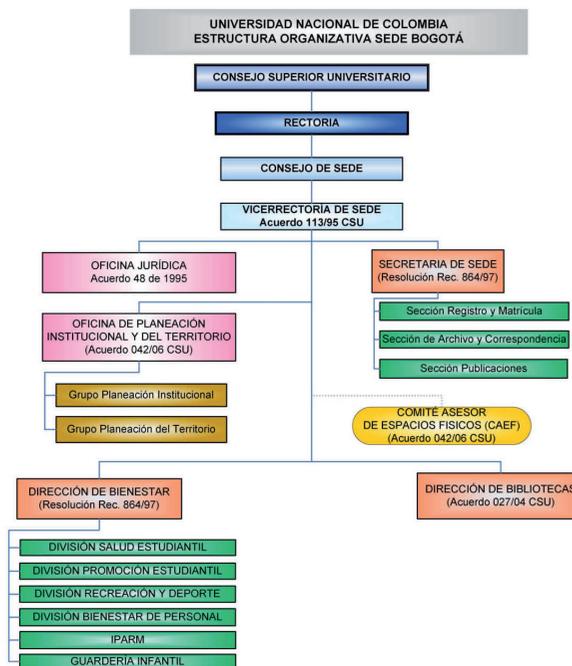
<sup>15</sup> [http://www.unal.edu.co/contenido/sobre\\_un/organi\\_5.jpg](http://www.unal.edu.co/contenido/sobre_un/organi_5.jpg)

7. Enfermería
8. Ingeniería
9. Medicina
10. Medicina veterinaria y Zootecnia
11. Odontología

Adicionalmente esta cuenta con 8 Institutos y Centros

1. Biología
2. Ciencia y Tecnología de Alimentos: ICTA
3. Estudios Ambientales
4. Estudios en Comunicación y Cultura
5. Estudios Políticos
6. Estudios Urbanos
7. Genética
8. Centro Agropecuario Marengo

El organigrama de la Sede Bogotá se presenta a continuación.



Gráfica 10. Estructura organizacional Sede Bogotá<sup>16</sup>

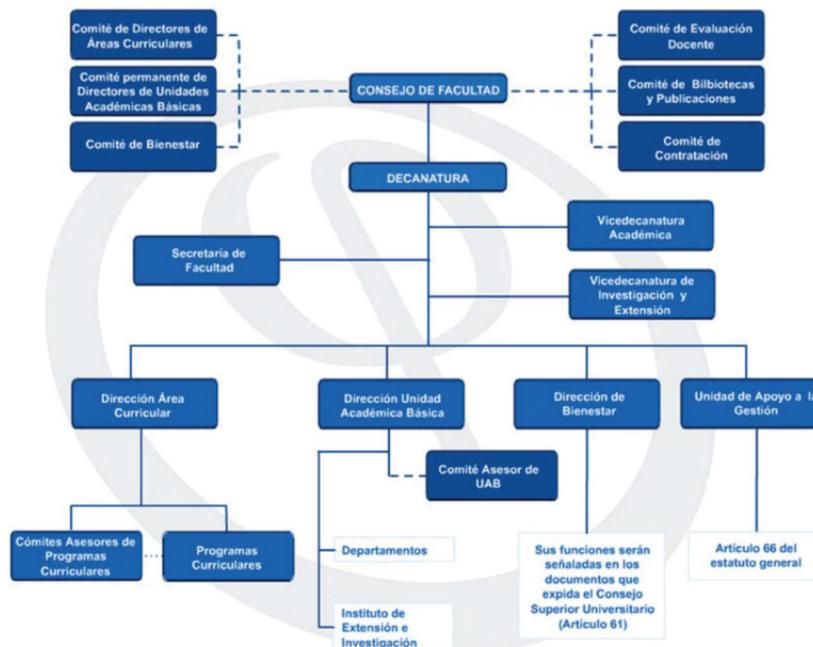
16 [http://www.unal.edu.co/contenido/sobre\\_un/organi\\_4.jpg](http://www.unal.edu.co/contenido/sobre_un/organi_4.jpg)

### E.1.3 Estructura de la Facultad de Ingeniería, Sede Bogotá

La Facultad de Ingeniería está regida por el Consejo de Facultad y su ejecutor principal es el Decano de la Facultad de Ingeniería, apoyado en sus labores por el Secretario Académico, el Vicedecano Académico, el Vicedecano de Investigación y Extensión, el Director de Bienestar, el Director del IEI y los Directores de Unidades Académicas Básicas o Departamentos (5) y Directores de Área Curricular (5). En la Gráfica 11 se presenta el organigrama de La Facultad de Ingeniería de la Sede Bogotá. La Facultad cuenta con cinco Direcciones de Unidades Académicas Básicas o Departamentos que coinciden en sus nombres con las cinco Direcciones de Área Curricular:

- Ingeniería Civil y Agrícola
- Ingeniería Eléctrica y Electrónica
- Ingeniería Mecánica y Mecatrónica
- Ingeniería Química y Ambiental
- Ingeniería de Sistemas e Industrial

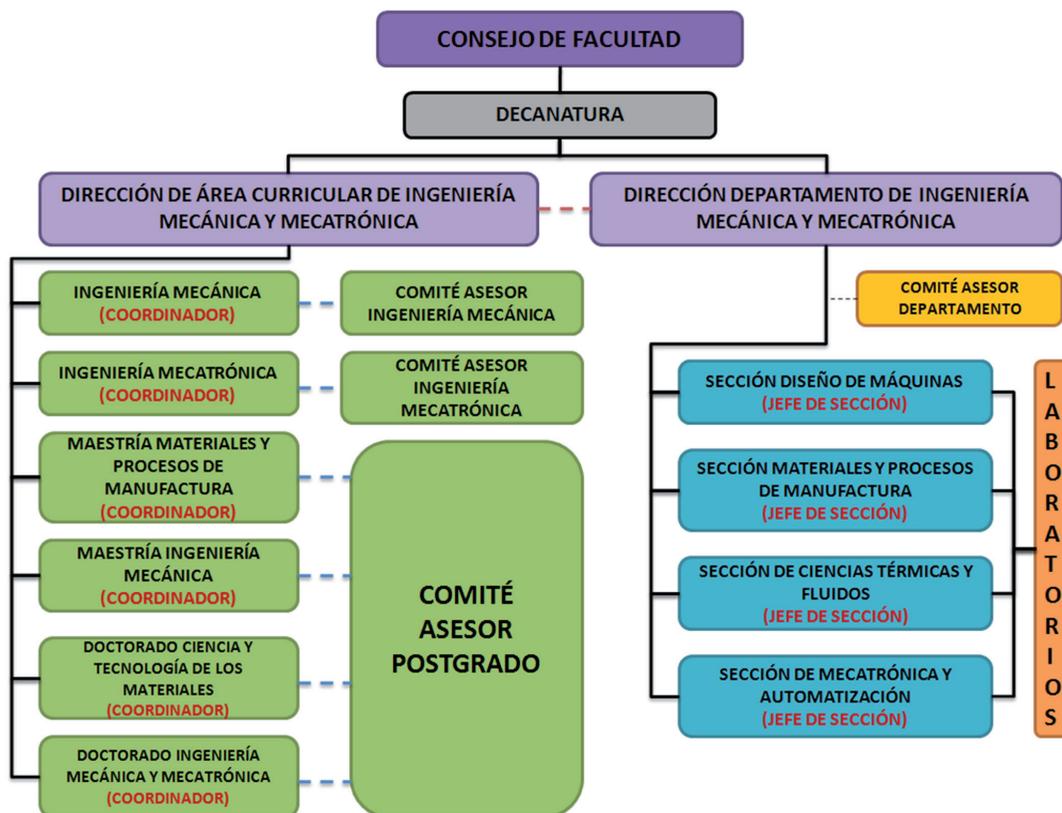
Cada una de estas Unidades tiene una organización interna propia que ha sido adoptada de acuerdo a las necesidades y desarrollo de los respectivos programas. Existe además otra Unidad Básica de Gestión que hace parte de la Facultad y es el Instituto de Extensión e Investigación IEI.



**Gráfica 11.** Estructura organizacional de la Facultad de Ingeniería<sup>17</sup>

<sup>17</sup> <http://www.ing.unal.edu.co/site/htm/facultad/estructura.html>

El Departamento de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica depende directamente del Consejo de Facultad y de la Decanatura y se divide en dos grandes bloques: la Dirección de Área Curricular de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica y la Dirección del Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. Para la toma de decisiones, el Consejo de Facultad se apoya en las recomendaciones de los seis Comités establecidos, en donde tienen representación todos los estamentos de la Facultad. En la Gráfica 12 se muestra la estructura del Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica.



**Gráfica 12.** Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica de la Sede Bogotá

La Dirección de Área Curricular se ocupa de los aspectos que tienen que ver con la calidad académica de los 6 programas académicos ofrecidos por el departamento: dos programas de pregrado (Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica), dos maestrías (Maestría en Materiales y Procesos de Manufactura y Maestría en Ingeniería Mecánica) y dos doctorados (Doctorado en Ciencia y Tecnología de los Materiales y Doctorado en Ingeniería Mecánica y Mecatrónica), además se ocupa de atender los asuntos estudiantiles.

La Dirección del Departamento se ocupa de manejar los recursos que destina la Facultad para estas áreas específicas de la ingeniería. Es responsable de los Profesores del Departamento, de los laboratorios y por medio de ellos presta servicios de docencia a los programas que lo soliciten, adelanta investigaciones con proyectos financiados

por la Universidad, por Colciencias y otras entidades externas y participa en proyectos de Extensión con contratos, asesorías, cursos de educación continuada, entre otros.

Como un apoyo a la labor del Director de Área Curricular, existen tres Comités Asesores de Programa Curricular, uno por cada programa de Pregrado y uno para los programas de Posgrado. Además, cada programa Académico tiene un Coordinador Académico, que es quien directamente atiende las solicitudes estudiantiles, participa en el Comité Asesor y colabora con el Director en la preservación y mantenimiento de la calidad de los programas curriculares.

El DIMM tiene una estructura interna compuesta por cuatro Secciones Académicas: Materiales y Procesos, Diseño de máquinas, Ciencias Térmicas y Fluidos y Mecatrónica, Automatización y Control. Cada Sección tiene un Jefe o Coordinador, designado por el Director del Departamento. El Director del Departamento cuenta con un Comité Asesor compuesto por los dos Directores (de Departamento y de Área Curricular) y los cuatro Jefes de Sección.

El Departamento cuenta además con los laboratorios que son manejados desde las respectivas Secciones. Las principales funciones de los laboratorios son las de dar apoyo a la docencia en las asignaturas que lo necesiten, dar soporte a la investigación que se adelanta en el Departamento y prestar servicios de extensión por medio de ensayos a la industria y por medio de solicitudes de análisis de fallas, principalmente.

Recientemente la Facultad ha creado un proyecto llamado Plan Maestro de Laboratorios, proyecto que tiene un Director y cuenta con un Coordinador de Laboratorios en cada Departamento, quien se apoya a su vez en los Coordinadores de cada uno de los laboratorios que manejan los diferentes Departamentos. Por medio de este Plan Maestro se ha hecho un diagnóstico de los laboratorios de la Facultad y desde allí se orientarán las labores tendientes a fortalecer la infraestructura, instalaciones, seguridad industrial, apropiada señalización, establecimiento de proyectos prioritarios, mejor aprovechamiento del suelo y otras labores que buscan mejorar el servicio que prestan todos los laboratorios a las funciones misionales de la Universidad.

Tanto la Dirección del Departamento como la Dirección de Área Curricular tienen un presupuesto propio que es invertido en las necesidades de los programas, en apoyo a la docencia, movilidad de profesores y estudiantes, labores de mantenimiento, renovación y adquisición de equipos.

## **E.2 Docentes**

Los docentes de carrera de la Universidad Nacional de Colombia, de acuerdo con su dedicación, prestan servicios en: dedicación exclusiva, tiempo completo y tiempo parcial (cátedra) y están categorizados de la siguiente manera: Profesor Auxiliar, Profesor Asistente, Profesor Asociado o Profesor Titular.

Acorde con las exigencias en la formación de los nuevos profesionales, el Programa cuenta con un grupo de profesores de las más altas calidades humanas, éticas y profesionales. La totalidad de las asignaturas contenidas en el plan curricular son ofrecidas, no solo por profesores adscritos al Departamento, sino también por profesores adscritos a otros Departamentos y Facultades de la Universidad. En términos generales, la procedencia de los profesores responsables de las tres componentes curriculares del programa es la siguiente:

- **Componente de fundamentación:** profesores adscritos a la Facultad de Ciencias y a otros Departamentos de la Facultad de Ingeniería.
- **Componente de formación profesional:** profesores adscritos al Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica.
- **Componente de libre elección:** profesores adscritos al DIMM, a la Facultad de Ingeniería y a la Universidad en general.

Para cumplir sus compromisos, el Departamento cuenta, en el segundo semestre de 2014, con 43 profesores de planta; de ellos el 80% es de Dedicación Exclusiva o de Tiempo Completo.

En cuanto a la formación académica de los Profesores, la Universidad Nacional de Colombia, como estrategia para elevar el nivel de la calidad de formación académica de sus estudiantes, otorga comisión de estudios a los profesores para que cursen estudios de posgrado, además, los concursos docentes en los últimos diez años exigen como requisito la tenencia del título de Doctor. La distribución de los profesores del Departamento, según su nivel de formación se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2. Nivel de formación de los docentes adscritos al DIMM.**

Nivel de Formación	Número de docentes (%)
Doctorado	54%
Maestría	18%
Especialización	14%
Profesional Universitario	14%

El Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica cuenta además con un grupo de 15 estudiantes auxiliares de posgrado, vinculados como asistentes de docencia, que ofrecen asignaturas en los programas de pregrado. Esta vinculación obedece a una política de la Universidad para dar oportunidad y apoyo económico a los estudiantes de posgrado, además de brindarles la oportunidad de practicar en la docencia.

En los últimos años la Universidad, a través de la Dirección Académica de la Sede Bogotá, ha impulsado y realizado diversas actividades encaminadas a la formación profesoral, fundamentalmente en lo concerniente a mejorar su capacidad pedagógica y de investiga-

ción. Como parte de las acciones institucionales se instauró el “Programa de Desarrollo de la Planta Docente” como una estrategia de formación continua, a fin de obtener una mayor pertinencia social y académica, permitiendo consolidar y avanzar en la formación integral, tanto para profesores como para estudiantes.

En cuanto a la relación del Programa con el medio, los profesores del Departamento participan en grupos de investigación que con la asistencia de los diferentes recursos de laboratorio del Departamento, prestan servicios a la industria nacional a través de ensayos y asesorías en temas relacionados, principalmente, con:

- Ensayos mecánicos, metrológicos y de dureza
- Metalografía y análisis químicos de metales
- Emisión de conceptos de materiales y procesos de manufactura
- Análisis de fallas y ensayos no destructivos

La planta profesoral del Departamento se ha caracterizado por cumplir las funciones misionales de la Universidad, demostrando un alto compromiso con la docencia, la investigación y la extensión.

### **E.3 Recursos físicos y de apoyo a la docencia**

La Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, ofrece a los estudiantes del programa, el acceso a recursos físicos comunes a los demás miembros de la comunidad académica de todos los programas de pre y posgrado, como son: diez (10) bibliotecas, dentro de las cuales las más usadas por los estudiantes del programa son la Biblioteca Central, la Biblioteca de Ciencia y Tecnología y la Hemeroteca Nacional Universitaria; tres (3) edificios de aulas en donde se adelantan la mayor parte de las clases presenciales, edificios 453 (Aulas de Ingeniería), 454 (Ciencia y Tecnología) y 407 (Materiales y Procesos); una red de cafeterías, instalaciones deportivas y zonas recreativas destinadas al complemento de las actividades académicas de los estudiantes del programa.

Así mismo, la universidad cuenta con sistemas de información que le permiten, de una parte desarrollar sus funciones y fines misionales y de otra parte apoyan la administración del currículo. Dentro de los sistemas de información se encuentran:

- Sistema de información Académica (SIA). Administra la información relacionada con los procesos académicos y estudiantiles que se llevan a cabo en la Universidad, mediante cada uno de los subsistemas que hacen parte del mismo: hoja de vida, programas curriculares, programación académica, inscripciones, calificaciones, gestión económica y administración y soporte.

- Sistema de Acompañamiento Estudiantil (SAE). Es un conjunto de agentes (Estudiantes, Profesores Tutores, Administrativos) que a través de dos componentes (académico y bienestar) y sus respectivos programas, articula los diferentes niveles estructurales de la Universidad (Departamento, Facultad, Sede y Nacional), con la finalidad de brindar a los estudiantes, a lo largo de su proceso de formación integral, las condiciones necesarias para el buen desempeño académico y el éxito en la culminación de su plan de estudios.
- Sistema de Información del Talento Humano (SARA). Permite gestionar la información relativa al personal académico y administrativo activo y pensionado de la Universidad. A través de ella se consolidan estadísticas e informes relativos al talento humano que hace parte de la Universidad. Incluye funcionalidades como: Comité de asignación de puntaje, Gestión del programa de trabajo académico, entre otras.
- Sistema de Información de la Investigación (HERMES). Permite administrar las convocatorias y los proyectos relativos a las investigaciones que se desarrollan en la Universidad, así como tener información actualizada de los grupos de investigación de la Universidad.
- Sistema Nacional de Bibliotecas (SINAB). Integra los recursos bibliográficos, el talento humano y la infraestructura física y tecnológica, necesarios para ofrecer información académica, artística, científica y los mejores servicios bibliotecarios que requiere la Universidad.
- Sistema de Información para Egresados (SIE). Facilita el registro, actualización y administración de las hojas de vida de los egresados de la Universidad y permite administrar las ofertas laborales reportadas por las organizaciones, convirtiéndose en un mecanismo para promover la interacción permanente entre el egresado, la institución de educación superior y las empresas.
- Sistema Financiero Integrado (QUIPU). Facilita la programación, administración y control de la información relacionada con las operaciones financieras y administrativas de la Universidad, con criterios enmarcados dentro de parámetros de eficiencia y eficacia, para todos los niveles de la institución (Nacional, Sedes, Facultades y Fondos Especiales).
- Sistema de evaluación docente (EDIFICANDO). Es un conjunto de instrumentos, aplicaciones y procesos que permite entregarle a los docentes y a las diferentes instancias institucionales información oportuna sobre su desempeño, obtenida mediante la valiosa participación de diferentes estamentos de la comunidad académica.

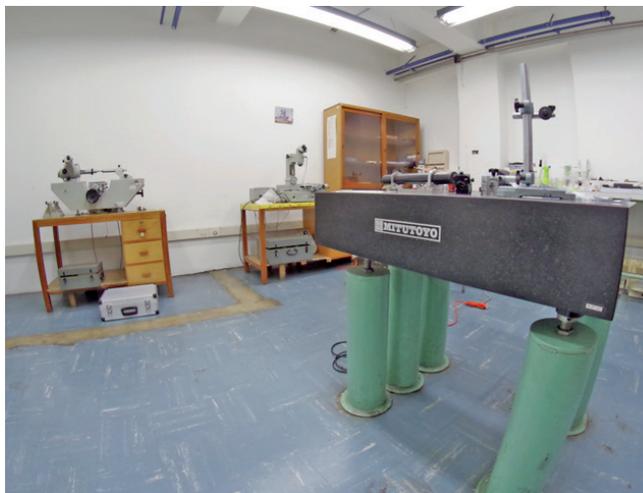
### E.3.1 Laboratorios de apoyo a la docencia y la investigación

Dentro de las labores académicas de los estudiantes del Programa se deben adelantar prácticas y ensayos de laboratorio, los cuales para el componente de fundamentación del programa, se realizan en laboratorios adscritos a la Facultad de Ciencias, como son los laboratorios de física y química básicas. Los componentes de formación profesional y de libre elección, usan recursos de laboratorios principalmente adscritos a la Facultad de Ingeniería, dependientes de los cinco Departamentos de la Facultad.

En el Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica se encuentran los dieciséis (16) laboratorios, que más frecuentemente son usados por los estudiantes dentro de sus labores académicas, los cuales se describen a continuación.

#### E.3.1.1 Laboratorio de Metrología

En este laboratorio los estudiantes realizan prácticas, laboratorios o trabajos de investigación, en donde se requiera tomar mediciones de longitud, ángulo, área, rugosidad, fuerza o masa principalmente. Físicamente se encuentra ubicado en el primer piso del Edificio de Ensayos y Materiales IEI – 126, Imagen 1.



**Imagen 1.** Laboratorio de metrología.

#### E.3.1.2 Taller de Máquinas Herramientas



**Imagen 2.** Laboratorio de máquinas herramientas.

En este laboratorio los estudiantes realizan prácticas, laboratorios o trabajos de investigación, en donde se requiera usar máquinas herramientas para fabricar componentes mecánicos. Físicamente se encuentra ubicado en el primer piso del Edificio de Laboratorios de Ingeniería (411) – 107, Imagen 2.

### E.3.1.3 Sala CAM y Sala Experimental

En este laboratorio los estudiantes realizan prácticas, laboratorios o trabajos de investigación, en donde se requiera diseñar y/o automatizar máquinas herramientas principalmente. Físicamente se encuentra ubicado en el primer piso del Edificio de Materiales y Procesos (407), Imagen 3.



**Imagen 3.** Sala CAM y sala experimental.

### E.3.1.4 Laboratorio de Deformación Plástica



En este laboratorio los estudiantes realizan prácticas, laboratorios o trabajos de investigación, en donde se requiera realizar ensayos mecánicos hasta 50 toneladas o conformación plástica de materiales principalmente. Físicamente se encuentra ubicado en el primer piso del Edificio de Materiales y Procesos (407), Imagen 4.

**Imagen 4.** Laboratorio de deformación plástica.

### E.3.1.5 Laboratorio de Ensayos Mecánicos

En este laboratorio los estudiantes realizan prácticas, laboratorios o trabajos de investigación, en donde se requiera realizar ensayos mecánicos hasta 100 toneladas, ensayos de fatiga o de impacto Charpy principalmente. Físicamente se encuentra ubicado en el primer piso del Edificio de Ensayos y Materiales IEI, Imagen 5.



**Imagen 5.** Laboratorio de Ensayos Mecánicos.

### E.3.1.6 Laboratorio de Fundición



En este laboratorio los estudiantes realizan prácticas, laboratorios o trabajos de investigación, en donde se requiera realizar colado de metales o polímeros principalmente. Físicamente se encuentra ubicado en el primer piso del Edificio de Materiales y Procesos (407), Imagen 6.

**Imagen 6.** Laboratorio de fundición.

### E.3.1.7 Laboratorio de Soldadura y Ensayos no Destructivos

En este laboratorio los estudiantes realizan prácticas, laboratorios o trabajos de investigación, en donde se requiera realizar unión de materiales metálicos por soldadura. Físicamente se encuentra ubicado en el primer piso del Edificio de Materiales y Procesos (407), Imagen 7.



**Imagen 7.** Laboratorio de soldadura y ensayos no destructivos.

### E.3.1.8 Laboratorio de Tratamiento Térmicos



**Imagen 8.** Laboratorio de tratamientos térmicos.

En este laboratorio los estudiantes realizan prácticas, laboratorios o trabajos de investigación, en donde se requiera realizar tratamientos térmicos, superficiales o termoquímicos de materiales. Físicamente se encuentra ubicado en el primer piso del Edificio de Materiales y Procesos (407), Imagen 8.

### E.3.1.9 Laboratorio de Metalografía

En este laboratorio los estudiantes realizan prácticas, laboratorios o trabajos de investigación, en donde se requiera realizar procesos de corte, desbaste, pulido, observación metalográfica, microscopía, ensayos de dureza y composición química principalmente. Físicamente se encuentra ubicado en el primer piso del Edificio de Laboratorios de Ingeniería (411), Imagen 9.



**Imagen 9.** Laboratorio de metalografía.

### E.3.1.10 Sala CAD



En esta sala los estudiantes tienen acceso a computadores y software de diseño, para adelantar modelos CAD o FEA principalmente. Físicamente se encuentra ubicado en el segundo piso del Edificio de Materiales y Procesos (407), Imagen 10.

**Imagen 10.** Sala CAD.

### E.3.1.11 Laboratorio de Diseño de Máquinas y Prototipos

En este laboratorio los estudiantes realizan prácticas, laboratorios o trabajos de investigación, en donde se requiera fabricar, ensamblar y poner a punto, elementos de máquinas y/o equipos. Físicamente se encuentra ubicado en el primer piso del Edificio de Laboratorios de Ingeniería (411), Imagen 11.



**Imagen 11.** Laboratorio de diseño de máquinas y prototipos.

### E.3.1.12 Laboratorio de Plantas Térmicas



En este laboratorio los estudiantes realizan prácticas, laboratorios o trabajos de investigación, en donde se requiera analizar combustibles o ciclos de potencia principalmente. Físicamente se encuentra ubicado en el primer piso del Edificio de Laboratorios de Ingeniería (411) – 113, Imagen 12.

**Imagen 12.** Laboratorio de plantas térmicas.

### E.3.1.13 Laboratorio de Motores

En este laboratorio los estudiantes realizan prácticas, laboratorios o trabajos de investigación, en donde se requiera analizar combustibles o ciclos de potencia de motores de combustión interna principalmente. Físicamente se encuentra ubicado en el primer piso del Edificio de Laboratorios de Ingeniería (411) – 115, Imagen 13.



**Imagen 13.** Laboratorio de motores.

### E.3.1.14 Laboratorio de Transferencia de Calor



**Imagen 14.** Laboratorio de transferencia de calor.

En este laboratorio los estudiantes realizan prácticas, laboratorios o trabajos de investigación, en donde se requiera analizar fenómenos de transferencia de calor y refrigeración principalmente. Físicamente se encuentra ubicado en el primer piso del Edificio de Laboratorios de Ingeniería (411), Imagen 14.

### E.3.1.15 Automatización de Máquinas

En este laboratorio los estudiantes realizan prácticas, laboratorios o trabajos de investigación, relacionados con electrónica básica, microcontroladores, sistemas dinámicos y control, análisis de sistemas de control y tratamiento de señales principalmente. Físicamente se encuentra ubicado en el primer piso del Edificio de Laboratorios de Ingeniería (411) – 101, Imagen 15.



**Imagen 15.** Laboratorio de automatización de máquinas.

### E.3.1.16 Laboratorio de Mecatrónica



**Imagen 16.** Laboratorio de mecatrónica.

En este laboratorio los estudiantes realizan prácticas, laboratorios o trabajos de investigación, relacionados con proyectos de automatización de procesos industriales principalmente. Físicamente se encuentra ubicado en el primer piso del Edificio de Laboratorios de Ingeniería (411), Imagen 16.

---

## Referencias

---

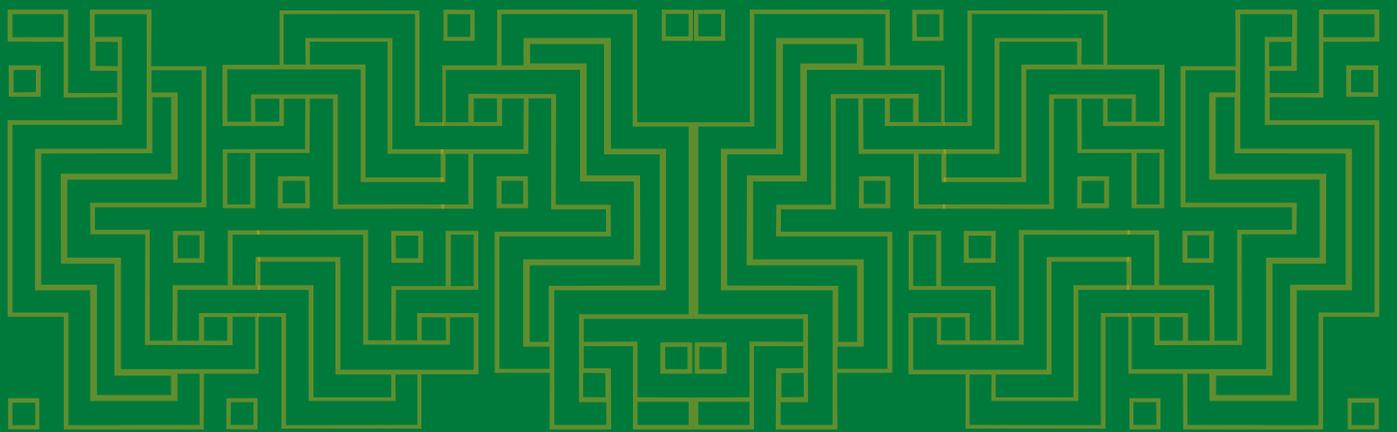
- ANDI (Asociación Nacional de Industriales). Colombia: Balance 2012 y perspectivas 2013. Diciembre 2012 Informe. Consultado en: <http://www.andi.com.co/Archivos/file/ANDI%20-%20Balance%202013%20y%20perspectivas%202014.pdf>
- ANIF (Asociación Nacional de Instituciones Financieras). La gran encuesta PYME: Informe de Resultados. 2012, Centro de estudios económicos ANIF. Consultado en: <http://anif.co/sites/default/files/uploads/GranEncuesta%20I-2012.pdf>
- ASME (American Society of Mechanical Engineers) Strategic Issues Committee of the Strategic Management Sector. 2008, ASME, Three Park Avenue, New York, NY 10016, USA.
- Díaz-Granados, Sergio y de Hart, Carlos. Desarrollo empresarial: La Política Industrial de Colombia. 2011, Ministerio de Industria y Comercio - Colombia.
- Mitchell, Daniel. Balance sector industrial. 2011, Departamento Nacional de Planeación – República de Colombia. Consultado en: [https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=v7DGHCl\\_gbw%3D&tabid=1436](https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=v7DGHCl_gbw%3D&tabid=1436)
- Porter, Michael. La ventaja competitiva de las naciones. 1990, Ed. Vergara. Buenos Aires.
- VDI – Association of German Engineers. The European Engineering Report. 2010, Institut der deutschen Wirtschaft Köln.

---

## Contacto

---

Coordinación Curricular:  
Carrera 30 No. 45-03, Ciudad Universitaria , edificio 453, Oficina 404  
Conmutador: (57) (1) 316 5000 ext. 13398-14104  
Correo electrónico: [dirdepa\\_\\_fimmbog@unal.edu.co](mailto:dirdepa__fimmbog@unal.edu.co)  
Bogotá, Colombia, Sur América



<http://www.pregrado.unal.edu.co>  
Correo electrónico:  
[dirnalpreg\\_nal@unal.edu.co](mailto:dirnalpreg_nal@unal.edu.co)  
Telefax: (57-1) 3165119 – PBX: 3165000 Ext. 18047  
Carrera 45 No. 26-85, Ed. Uriel Gutiérrez, Oficina 511  
Bogotá, Colombia