

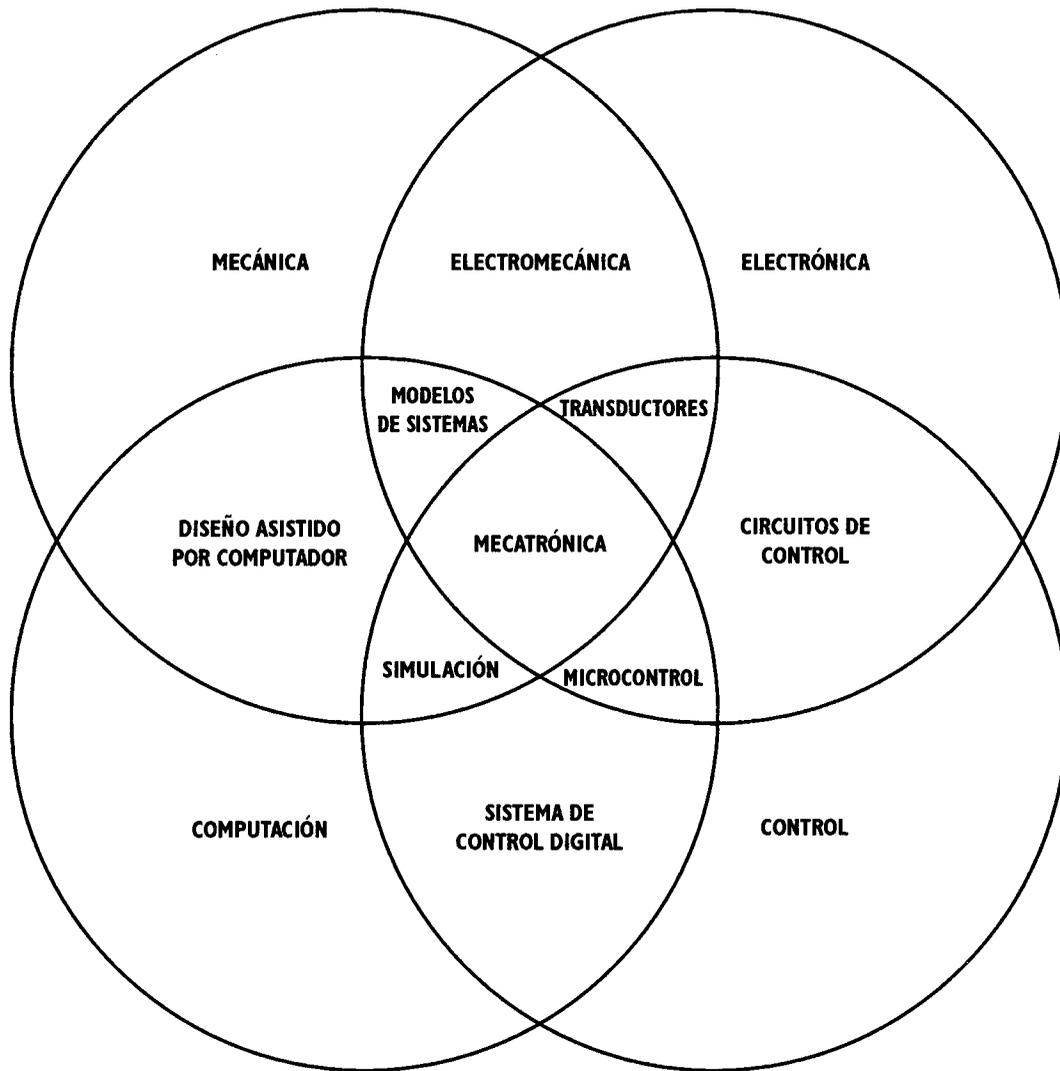
## Nueva carrera Ingeniería Mecatrónica

**R**econocimiento Especial: Al grupo de profesores de las Facultades de Ingeniería y Ciencias que han gestionado y estructurado el proyecto de Ingeniería Mecatrónica. Igualmente, amerita recordar a los estudiantes y profesores participantes en el Seminario “Manufactura y Automatización Experimental” quienes con sus tesis de grado también impulsaron la idea de la Ingeniería Mecatrónica.

Iniciativa académica promovida en la Facultad de Ingeniería desde 1997.

En el año 2001 fue de especial significación el aporte y la vinculación a este proyecto de la Facultad de Ciencias, por lo que hoy se presenta como propuesta de carácter transdisciplinario.

Las Facultades de Ciencias e Ingeniería y el Departamento de Diseño Industrial de la Facultad de Artes, de la Universidad Nacional de Colombia sede de Bogotá, ofrecen el programa de formación profesional de Ingeniería Mecatrónica con el propósito de fundamentar la innovación y el desarrollo de productos y procesos inteligentes



en Colombia. La naturaleza de la mecatrónica es en esencia conocimiento y tecnología de carácter transdisciplinario que cubre los *límites de la frontera común* entre la mecánica, la microelectrónica, la computación (informática) y el control automatizado. Así, la mecatrónica agrupa un conjunto de diversas áreas de la tecnología relacionadas con los sensores y los sistemas de medición, los sistemas de impulsión (o transmisión) y operación, el análisis del comportamiento de sistemas mecánicos, los sistemas de control y los sistemas de microprocesadores y el co-

respondiente soporte de software. La creación de la carrera y la apertura del programa fueron autorizadas por el Consejo Académico de la Universidad Nacional de Colombia mediante los Acuerdos N° 014 y 015, respectivamente, del 22 de agosto de 2001.

## CAMPO DE ACCIÓN DEL INGENIERO MECATRÓNICO

El Ingeniero Mecatrónico de la Universidad Nacional podrá trabajar como ingeniero de planta en industrias

modernas donde existen múltiples lazos de control con dispositivos electrónicos que interactúan con máquinas tipo robot.

Este ingeniero tendrá capacidad de proponer y ejecutar proyectos de automatización los cuales requieren conocimientos en electrónica, mecánica, control y programación.

Capacidad para generar proyectos y nuevas miniempresas de base tecnológica.

Con sus conocimientos sólidos en ciencias básicas, la asimilación de la tecnología actual, con las buenas bases en control y robótica, los cursos de análisis de sistemas dinámicos, control, servomecanismos, control digital y robótica podrá comprender y mejorar sistemas de control análogos y digitales retroalimentados. Es importante mencionar que actualmente desde electrodomésticos hasta procesos industriales contienen lazos cerrados de control.

Conoce los fundamentos de los circuitos eléctricos, electrónica digital, microcontroladores y electrónica de potencia. Esto le permite entender y modificar productos disponibles en el mercado e introducir elementos de control electrónicos en procesos de producción industrial.

Podrá intervenir en proyectos de automatización desde gestión hasta puesta en marcha pues tiene las bases teórico prácticas que le permitirán planear y ejecutar de manera integral.

## PERFIL PROFESIONAL

El Ingeniero Mecatrónico conjuga el conjunto de conocimientos y habilidades que lo hacen apto para desarrollar las siguientes funciones:

### Funciones de diseñador

Diseña y rediseña nuevos procesos, en particular de manufactura, y productos basados en microelectrónica y software para automatizarlos usando partes estandarizadas originales (OEM, Original Engineering Manufacturing).

### Funciones de planificador

Pronostica el grado de adecuación de la tecnología requerida en una empresa, evalúa las necesidades del medio para diseñar o apropiar nuevas tecnologías.

Propone alternativas de solución a necesidades de tipo tecnológico, identificadas en el medio, teniendo en cuenta los recursos disponibles y las limitaciones.

Planifica la puesta en marcha de nuevos procesos, especificando sus procedimientos y técnicas, y los equipos requeridos.

### Funciones de innovador

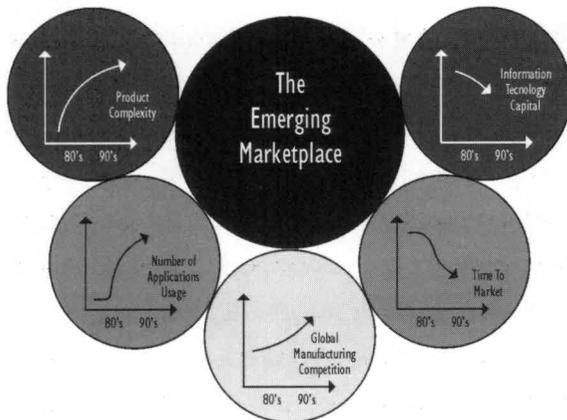
Actualizado en la información relacionada con la microelectrónica, la ingeniería de software, la mecánica de alta precisión, el control automático y los materiales, define el campo y el nivel de desarrollo tecnológico de los bloques funcionales de un producto para su mejoramiento continuo.

Descompone el producto en bloques funcionales para determinar e implementar la apropiación tecnológica necesaria.

Optimiza la tecnología disponible y toma decisiones sobre su continuidad.

Analiza el ambiente de producción de bienes y servicios, para determinar la madurez y disponibilidad de nuevos desarrollos científicos y tecnológicos para su utilización.

# 1. ENTORNO GENERAL PARA LA MECATRÓNICA



Gráfica 1. The Emerging Marketplace. Fuente: B.Prasad.

Son evidentes nuevas tendencias en la demanda de productos y servicios en un entorno regional e internacional demarcado por una fuerte competitividad, dinámicos desarrollos tecnológicos, conformación de cadenas (clusters) productivas y de negocios, entre otras. Algunos rasgos del cambio experimentado en la demanda (marketplace) tienen que ver con una ascendente complejidad tecnológica de productos y procesos, el incremento de las aplicaciones fundamentadas en nuevas tecnologías, el sostenido acortamiento del tiempo para la oferta de bienes y servicios; todo lo cual conduce a garantizar variedad de nuevos productos de calidad gracias a la disposición de tecnologías más eficaces (Gráfica 1).

**En el escenario de las nuevas tecnologías se viene consolidando una fuerte sinergia entre la ingeniería de precisión (mecánica fina), la ingeniería de control automático y la ciencia computacional que configura el neologismo de la Mecatrónica para el desarrollo de productos y procesos inteligentes (Smart Products & Processes).**

De esta manera hoy se está transitando por la era de información automatizada con amplio despliegue de flexibilidad tecnológica. Este paradigma manifiesta especial connotación en el modelo de la Manufactura Ágil que estructura entornos productivos muy robustos frente a los continuos cambios de la demanda y de las condiciones exógenas de producción. Las nuevas tecnologías inciden directamente en el cuadro de competitividad de las empresas y del mismo trabajo social. La métrica de la competitividad resalta dominios crecientes o decrecientes de los indicadores de desempeño que sustentan permanencia de altísimas metas de calidad y eficiencia (el octaedro de competitividad así lo ilustra).

En cuanto a Colombia es pertinente reseñar algunos aspectos relacionados con la competitividad tomados de estudios del *DANE-DNP-COLCIENCIAS-MONITOR-MINISTERIO DE DESARROLLO*.

No está por demás advertir la incuestionable importancia que tiene el avance tecnológico en el desarrollo económico y social de las naciones (Schumpeter) porque induce cambios sustanciales en la cualificación integral del trabajo creativo/creador (Arrow, Lucas) en términos económicos y sociales. Lo anterior habilita una gran capacidad para generar productos/servicios con mayor agregado tecnológico en virtud de su complejidad, al igual que se proyecta la educación de manera integrada hacia la C&T para brindar soporte a las nuevas tecnologías que demanda un diseño altamente innovador de productos/procesos, la obligatoria reducción y prevención de riesgos por el cambio climático así como la contribución para disminuir la dependencia tecnológica y la alarmante asimetría en el ingreso per cápita entre los países posindustrializados y las naciones con menos desarrollo. Co-

## Debilidades Tecnológicas Las Cadenas Productivas industriales Colombianas

Cadenas Productivas

Madera  
Textiles  
Servicios  
Agroindustria  
Bienes de Capital  
Petro-carboquímica

Limitantes Tecnológicas

Nuevas tecnologías  
Tecnologías Limpias  
Ingeniería de Diseño  
Capacitación de Alto Nivel  
Investigación y Desarrollo (I & D)

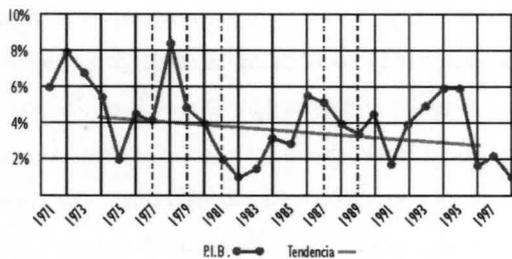
Gráfica 2. Fuente: Monitor Company- Colciencias

### Tendencia de Competitividad Tecnológica



Gráfica 3. Tendencia Competitividad Tecnológica

### Producto Interno Bruto de Colombia 1971 - 1998



Gráfica 4. Fuente: DANE 1999

lombia tiene mucho por replantear y hacer en esta dirección, pues de lo contrario seguirá en los últimos escaños de la competitividad a nivel internacional y soportando una elevada tasa de penetración de las importaciones (demanda nacional cubierta más eficientemente por productores de otros países) en sectores estratégicos que demarcan el *saber-hacer* tecnológico y que subraya la débil competitividad nacio-

nal en productos de alto valor tecnológico (Gráfica 2); lo que se confirma con el estudio del Ministerio de Desarrollo Económico y el DNP sobre las tendencias de la innovación en Colombia (Gráfica 3), ya que en nuestro medio persiste la costumbre por la imitación, antes que el desarrollo de productos/procesos totalmente nuevos, pues predominan tanto las innovaciones incrementales sobre lo ya creado así como el cambio tecnológico que es incorporado al capital a través de la importación de maquinaria actualizada.

Es de interés hacer notar que el comportamiento del PIB colombiano (Gráfica 4) en los últimos cincuenta años aunque no muestra un incremento significativo ha logrado ser superior a cero, lo que denota la potencial vitalidad de nuestro país para aspirar a retos mayores de desarrollo. Esta situación es *sui-generis* en el contexto regional e incluso internacional, pero insuficiente para atender las necesidades profundas de desequilibrio social. Además, la industria colombiana se ubica principalmente en el renglón de la liviana ya que es modesta su presencia en la esfera de los bienes con elevado valor tecnológico.

Amén de lo anterior, debe constatarse la recurrente débil relación entre los actores del sector productivo y la academia que refleja la carencia de un claro propósito en la política de Estado para estructurar un coherente sistema tecnológico en el país (Sólo un comentario adicional: Hoy el gobierno nacional destina menos del 0.1% PIB en C&T con lo que se retrocede más de dos décadas en la intención de estimular y desarrollar el conocimiento, indicador que no se compadece con el presupuesto orientado a la destrucción de la vida nacional). Frente a este panorama la Universidad como Alma Mater no debe ni puede disminuir su iniciativa de vislumbrar horizontes académicos que eleven nuestro empeño por cualificar la pertinencia civilista/

social de la universidad mediante la ampliación y cualificación de su cobertura con nuevos programas que atiendan y estimulen los novedosos retos de la humanidad en el siglo XXI, todos ellos signados por una profunda inserción de la C&T y por la obligada atenuación de los injustos desequilibrios económicos, políticos, culturales y sociales entre las naciones.

Precisamente en el estudio del CIDE y DNP “*Formación de Recursos Humanos para la Innovación y el Desarrollo Tecnológico en Ingeniería*” se destacan como áreas prioritarias: las Telecomunicaciones, la Biotecnología, la Automatización, la Mecatrónica y los Nuevos Materiales.

## 2. OBJETIVO- ESTRUCTURA ACADÉMICA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

En la era actual de la informática y de la automatización inteligente predomina el conocimiento, mientras que en los anteriores estadios del saber-hacer social-productivo sobresalieron los recursos materiales y las herramientas (edad de piedra, de bronce, de hierro y la época de los oficios y las profesiones - craft age). Sí en el pasado siglo XX se constata la competitividad fundamentada en la economía por las competencias y las habilidades (manufactura soportada en las profesiones y los oficios), así como la economía de escala por los altos volúmenes y la economía energética de las máquinas debido a la mecanización integral y la automatización especializada-repetitiva (electromecánica); hoy en el siglo XXI se asiste a una nueva era de la manufactura basada en la flexibilidad y la automatización reprogramable-inteligente que revierte en economía del trabajo no aportante de valor agregado en la producción diversificada de productos/ser-

vicios. La tecnología nueva debe tener simetría sostenible respecto a su variado entorno.

En ese nuevo escenario de la generación de servicios, el proyecto de la carrera de Ingeniería Mecatrónica se ubica en la perspectiva de posicionar y consolidar a la Universidad Nacional de Colombia como Escuela competente en Control y Automatización en el ámbito nacional/regional e internacional para el desarrollo innovador de productos y procesos diseñados competitivamente por su elevada eficacia tecnológica y por su rentabilidad económica (Gráfica 5).

**Esto constituye un reto complejo que induce obligadamente a estructurar el trabajo interdisciplinario entre los diversos actores académicos de las sedes en la Universidad. Además nos convoca a reflexionar y a superar el consabido esquema curricular soportado en servicios académicos y en dispersos currícula por asignaturas, porque el propósito frente a los retos de la innovación y la dependencia tecnológicas del país deben ser mayores que la mera oferta de capacidad profesional.**

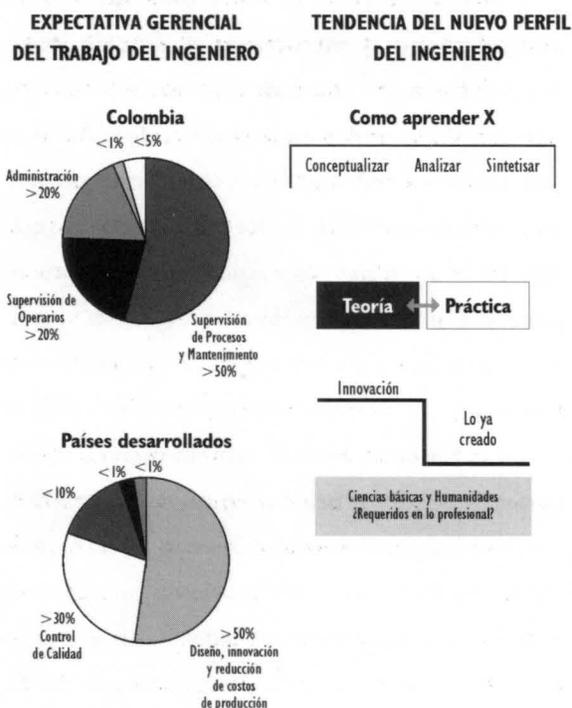
**En el entorno de vital cambio técnico los ingenieros debemos brindar respuestas creativas, sistémicas e innovadoras en virtud de un modelo académico-formativo estructurado no para aprender X sino en aprender como aprender X. En este paradigma curricular se tornan imprescindibles los fundamentos en las ciencias básicas y en las ciencias humanas, ya que su capacitación no es cortoplacista en la dimensión del tiempo de duración de la carrera porque se requieren competencias innovadoras y formación continua en nuevas tecnologías a lo largo de su vida como ingeniero.**

La nueva dimensión del cambio tecnológico, de la cual Colombia no puede estar ausente, viene tallando

## OBJETIVOS



Gráfica 5. Objetivos de la ingeniería Mecatrónica



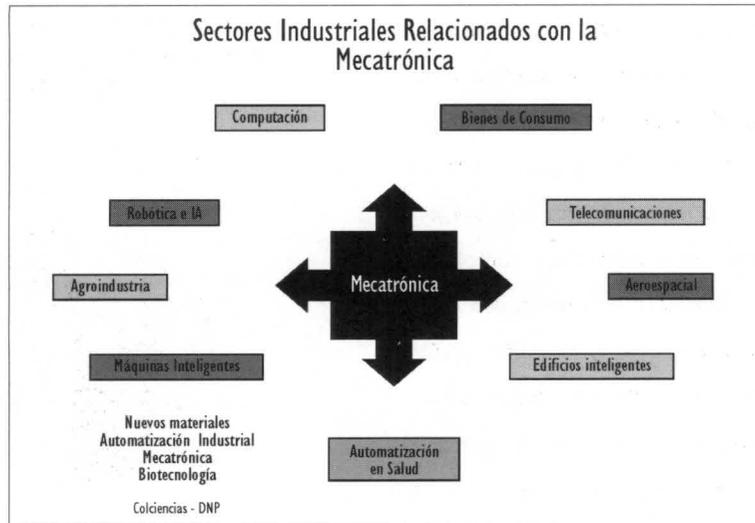
Gráfica 6. Expectativa Gerencial del Trabajo del Ingeniero y Tendencia del Nuevo Perfil.

un nuevo perfil de Ingeniero (con elevada capacidad de innovación e investigación que lo faculta para adaptar/asimilar nuevas tecnologías limpias y elevar la capacidad de diseño de productos/procesos que son limitaciones tecnológicas recurrentes del aparato productivo colombiano. Precisamente la Ingeniería

Mecatrónica como nuevo paradigma del conocimiento tecnológico interdisciplinario (frontera entre la mecánica fina, la microelectrónica y el control computarizado-informatizado) brinda una competente plataforma de desempeño frente a las nuevas empresas de base tecnológica y respecto a las rigurosas exigencias de competitividad demarcadas por las compañías de carácter mundial en los diversos sectores de la industria liviana, la de bienes de capital/equipos, la nanotecnología, la biotecnología, la industria genética y la agroindustria, la industria de las comunicaciones y aeroespacial, por solo hacer algunas referencias.

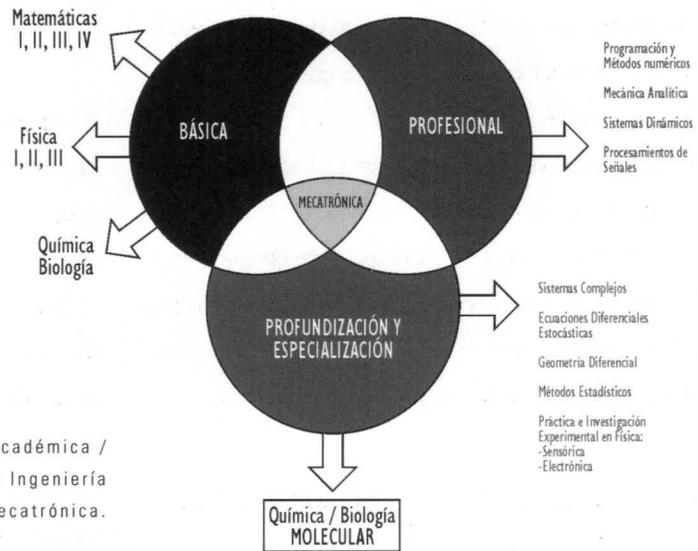
El actual escenario competitivo marca diferencia notable entre la tendencia reactiva y adaptativa de la innovación para afrontar y sobrevivir a la competencia, y aquella dirección proactiva de la innovación tecnológica que orienta el cambio técnico radical al largo plazo gracias al desarrollo de nuevos procesos/productos con elevada inserción de la C&T. Claro está que el predominio de una u otra tendencia tiene que ver con una reformulación fundamental del modelo económico/social en nuestro país que potencie el aparato productivo hacia el cambio tecnológico y a la implantación de nuevos sectores que son estratégicos por su alta requisición en C&T. Así nuestros ingenieros verán cualificado su cuadro de desempeño en favor del cambio tecnológico y no tanto en la manipulación y administración de la secular dependencia tecnológica.

La estructura académica/curricular de la carrera de Ingeniería Mecatrónica ha observado estos nuevos requerimientos hacia los ingenieros y, por tal razón, se plasma la convergencia decidida de dos facultades: Ingeniería & Ciencias con reconocido historial académico, a fin de desplegar de manera conjunta los ciclos básico, profesional y de profundización aportando cada escuela sus innegables competencias (Gráfica 8).



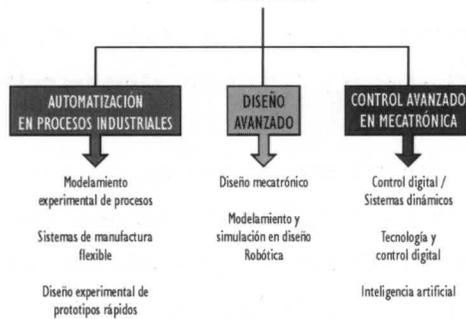
Gráfica 7

### INGENIERÍA & CIENCIAS



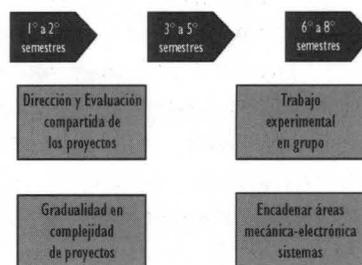
Gráfica 8. Estructura Académica / Curricular de la carrera de Ingeniería Mecatrónica.

### LÍNEAS DE PROFUNDIZACIÓN MECATRÓNICA



Gráfica 9. Líneas de Profundización de Ingeniería Mecatrónica.

### RELACIONES TRANSVERSALES PROYECTOS EXPERIMENTALES



Gráfica 10. Proyectos Experimentales.

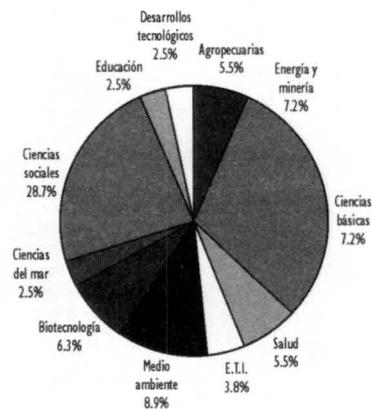
La alianza académica de Ciencias & Ingeniería en el marco de Ingeniería Mecatrónica tiene además otras dos dimensiones destacables: por una parte, se refuerzan las líneas de profundización-investigación (Gráfica 9) en automatización de procesos de manufactura, estudio y desarrollo de sistemas expertos y complejos, dominio de nuevas posibilidades en los campos de la Física Experimental, la Biología y la Química Molecular para asimilar el diseño avanzado de procesos y productos con nuevas tecnologías; de otro lado, se aprecia la metodología formativa de los ingenieros mecatrónicos en los dominios de la innovación e investigación a través de los tres proyectos experimentales (Gráfica 10) adelantados durante la carrera, que permiten paulatinamente avanzar en la complejidad contenida durante el proceso de diseño de procesos y productos mecatrónicos. Se busca consolidar una escuela experimental de diseño con las nuevas tecnologías de modelamiento, simulación, control y prototipado rápido de procesos/productos con el enfoque constructivista "HOME MADE EQUIPMENT" y con la visión de un juego innovativo-creativo en la academia.

### 3. LA MECATRÓNICA PROYECTADA HACIA LA RED DE INNOVACIÓN

#### INVESTIGACIÓN

Proyectos a mediano / largo plazo en:  
 Automatización de procesos de manufactura  
 Diseño avanzado de productos y procesos  
 Procedimiento digital: control digital / analógico - control adaptativo - control distribuido  
 Sistemas expertos: Inteligencia artificial, sensorica  
 Sistemas complejos y física experimental: Sensores, óptica.  
 Electrónica  
 Química y biología

Perfil temático de la Universidad Nacional según el número de proyectos aprobados por Colciencias 1991 - 1999



Gráfica 11. Perfil Temático de la Universidad Nacional. Fuente: Estadísticas Colciencias.

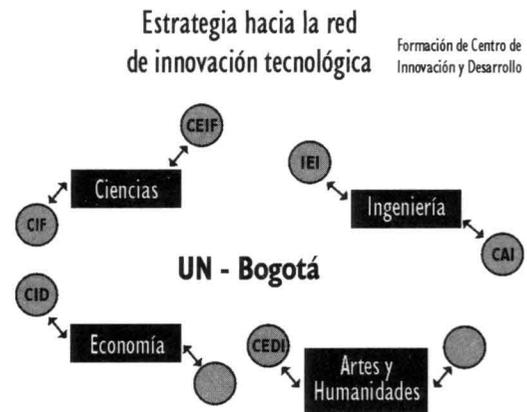
**Es de destacar que en el plan de desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia se considere dentro de la Estrategia I - Presencia Nacional - el campo académico estratégico No8 - Desarrollo Tecnológico - "a fin de posicionar la universidad en relación con los nuevos adelantos de C&T en favor del crecimiento económico y social y del sector productivo del país; puesto que la velocidad, el ritmo de cambio, la calidad de creación y adquisición de sistemas de información y conocimiento se están convirtiendo en indicadores específicos del bienestar de la sociedad por la necesidad de incorporar tecnologías limpias para desarrollar productos cada vez más personalizados y con mayor valor tecnológico incorporado".**

En el anterior propósito se nota un cierto paralelismo y congruencia del perfil temático de las investigaciones en la U.N (Gráfica 11) que son fruto del apoyo de COLCIENCIAS y de los Campo de Acción Institucional (ambiental, desarrollo científico y tecnológico) que pro-

curan moldear condiciones necesarias para la adaptación, adecuación y desarrollo de tecnologías.

Con el proyecto de Ingeniería Mecatrónica se busca repotenciar la capacidad innovadora de la universidad mediante la estructuración de Redes de Innovación y Desarrollo Tecnológico interfacultades e Intersecciones (Gráfica 12) que soportan el adelanto de proyectos de investigación aplicada y de innovación de procesos/productos estrechamente referenciados con programas sectoriales y nacionales de competitividad y productividad. Esta estrategia puede concretarse en un Centro de Diseño-Innovación y Productividad posicionado por sus competencias para contribuir con el Cambio Técnico del aparato productivo nacional, el cual debe interiorizar el modelo de la fábrica del futuro en cuanto a la nueva tecnología funcional incorporada, la metodología orgánica del trabajo asimilada y la estructura de gestión acondicionada.

La pertinencia del *Centro de Innovación-Diseño-Productividad* debe orgánicamente estructurarse y complementarse con el Sistema Nacional de Innovación y Desarrollo Tecnológico en la perspectiva de Cluster. El Cluster de innovación tecnológica manifiesta diversos atributos como el de que la inversión colectiva genera beneficios generales porque contribuye al surgimiento de centros de calidad, laboratorios y programas académicos con especial impacto nacional. Esta integración también alienta para que el conocimiento académico potencie el proceso de la experticia y la habilidad de las organizaciones para participar de la



Gráfica 12. Redes De Innovación Tecnológica

I+D dentro del esquema “*LEARNING BY DOING AND LEARNING BY USING*” que impulsa las innovaciones tecnológicas (Bell, Pavit, Lall, Lundval, Nelson).

## 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IHSII, T.; Mechatronics, University of Tokyo, 1998.
- Resumen Proyecto Final “Carrera Ingeniería Mecatrónica”, agosto, 2001.
- Prasad, Biren, Concurrent Engineering Fundamentals, Prentice Hall, 1996.
- Revista No. 4 Oficina Planeación, Estadísticas e indicadores de la Universidad Nacional de Colombia, 2000.
- COLCIENCIAS, Plan estratégico nacional de desarrollo tecnológico industrial y calidad 2000-2010.
- Plan global de desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia, 1999-2003.
- Mechanical Engineering, Mayo 1997.
- Presentación ante Consejo Académico U. N. agosto 22, 2001.

**PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**  
**APROBADO SEGÚN CONSEJO ACADÉMICO DEL 22 DE AGOSTO DEL 2001**

