

**Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología  
"Francisco José de Caldas" - COLCIENCIAS**

**SISTEMA NACIONAL DE INNOVACIÓN**

# **INVESTIGACION E INNOVACION EN INGENIERIA EN COLOMBIA**

**Campo Elias Bernal  
Alvaro Morales**

**Recinto Quirama, Noviembre 10 - 13 de 1998**

# TABLA DE CONTENIDO

<b>1. EL PAPEL DE LA INGENIERÍA EN LA INNOVACIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.1 INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD .....	3
1.2 INGENIERÍA E INNOVACIÓN .....	4
1.3 LIMITANTES EN EL DESARROLLO Y APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA A PROCESOS DE INNOVACIÓN.....	5
1.4 INVISIBILIDAD DE LA INGENIERÍA.....	7
<b>2. PERFIL DEL NUEVO INGENIERO COMO ACTOR PRINCIPAL DE INNOVACION.....</b>	<b>9</b>
2.1 EL INGENIERO Y SUS ENTORNOS – SU SEMBLANZA EN EL MARCO DE LA INNOVACIÓN .....	9
2.2 ELEMENTOS DEL PERFIL DEL INGENIERO INNOVADOR.....	13
<b>3. TENDENCIAS INTERNACIONALES EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN INGENIERIA.....</b>	<b>15</b>
3.1 TENDENCIAS EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL DEL INGENIERO PARA EL SIGLO XXI.....	15
3.2 TENDENCIAS INTERNACIONALES DEL APRENDIZAJE PERMANENTE EN EL MARCO DE LAS EMPRESAS.....	16
3.3 TENDENCIAS INTERNACIONALES ORGANIZATIVAS DE LAS MINORÍAS ÉTNICAS Y DE GÉNERO EN INGENIERÍA.....	17
3.4 ESTRUCTURAS Y REDES ORGANIZACIONALES DE LA INGENIERÍA EN EL CAMPO INTERNACIONAL.....	17
3.5 EXPERIENCIAS INTERNACIONALES DE POLÍTICAS DE ESTADO PARA LA INNOVACIÓN DE INGENIERÍA. CASO DE COREA	17
3.6 EXPERIENCIAS INTERNACIONALES DE POLÍTICAS DE ESTADO PARA LA FORMACIÓN PROFESIONAL DEL TECNÓLOGO Y LA GESTIÓN DE TECNOLOGÍA.....	23
<b>4. APORTE DE LA INGENIERÍA EN LA POLÍTICA DE INNOVACIÓN.....</b>	<b>27</b>
4.1 PARTICIPACIÓN DE INGENIEROS EN PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO 1995 – 1998	27
4.2 PARTICIPACIÓN DE INGENIEROS EN LA RED DE CENTROS TECNOLÓGICOS.....	31
4.3 GRUPOS DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA.....	31
4.4 PARTICIPACIÓN DE INGENIEROS EN LOS CONSEJOS DE PROGRAMAS NACIONALES DE DESARROLLO TECNOLÓGICO .....	31
4.5 PARTICIPACIÓN DE INGENIEROS EN EL PROGRAMA DE RECURSOS HUMANOS DE COLCIENCIAS .....	32
4.6 PARTICIPACIÓN DE INGENIEROS EN PROGRAMAS ESTRATÉGICOS DE COMPETITIVIDAD .....	34
4.7 LA RED CALDAS: LA DIÁSPORA CIENTÍFICA COLOMBIANA EN PERSPECTIVA .....	34
<b>5. PROSPECTIVA DEL DESARROLLO DE LA INGENIERIA EN COLOMBIA.....</b>	<b>36</b>
5.1 DESARROLLO REGIONAL - CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA .....	36
5.2 VISIÓN DE FUTURO DEL DESARROLLO DE LA INGENIERÍA - CENTRO REGIONAL DE PRODUCTIVIDAD DEL TOLIMA	39
5.3 SECTOR BIOINDUSTRIAL - BIOTEC.....	40
5.4 AGROINDUSTRIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS - CENTIA .....	40
5.5 GESTIÓN DE TECNOLOGÍA EN LA INGENIERÍA - CIDETEXCO.....	43
5.6 DESARROLLO DE LA INGENIERÍA - CDT METALMECÁNICO .....	43
<b>6. PROPUESTAS PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN INGENIERÍA.....</b>	<b>49</b>
6.1 INTRODUCCIÓN .....	49
6.2 LA INGENIERÍA Y LA AGENDA PARA LA COLOMBIA DEL SIGLO XXI.....	49
6.3 BASES DE UN PROGRAMA DE TRABAJO PARA EL DESARROLLO DE LA INGENIERÍA.....	51

# 1. EL PAPEL DE LA INGENIERIA EN LA INNOVACION

## 1.1 Innovación y Competitividad

La innovación es el principal factor de crecimiento económico y de competitividad en el mundo globalizado. El concepto de innovación se refiere a “una disposición mental, una nueva forma de pensar acerca de las estrategias y prácticas de los negocios”<sup>1</sup>.

Las nuevas condiciones de competitividad para el Siglo XXI tienen como escenario futurista la construcción de la sociedad del conocimiento, es decir, “...una sociedad con capacidad para generar conocimiento sobre su realidad y su entorno, y con capacidad para utilizar dicho conocimiento en el proceso de concebir, forjar y construir su futuro”<sup>2</sup>. El reto del próximo milenio exige el desarrollo de capacidades propias científicas y tecnológicas para la investigación y el desarrollo tecnológico, con la finalidad de participar activamente en las redes mundiales de innovación, elevar la calidad de vida de la población e incrementar la participación del sector productivo en el mercado mundial.

El logro de impactos reales sobre la competitividad de la empresa o cadena productiva depende fundamentalmente de la capacidad de la alta gerencia en generar espacios de aprendizaje interactivo con el entorno y adaptarse rápidamente al cambio en las tendencias tecnológicas y de mercado. La experiencia internacional evidencia un carácter sistémico de los procesos de innovación y una orientación de las políticas hacia el establecimiento de Sistemas Nacionales de Innovación, definidos como “sistemas sociales que tienen como actividad central el aprendizaje interactivo entre la gente”<sup>3</sup>. A nivel de país o región resulta fundamental crear un escenario de relaciones dinámicas y articuladas entre los diferentes agentes económicos y del cambio tecnológico a fin de lograr un incremento permanente en los beneficios de la inversión en ciencia y tecnología.

Este pensamiento conduce a desarrollar una modalidad de “innovación social”, a través de la cual las instituciones y los grupos organizados establecen metas y crean compromisos coherentes con las aspiraciones y expectativas de bienestar y realización de una nación. La apropiación y la “aceptabilidad social de la tecnología”<sup>4</sup> resultan factores determinantes en el éxito de las estrategias de innovación, lo cual significa un mayor peso de la cultura y el contexto socio-económico sobre aquellos aspectos simplemente tecnológicos. De esta manera, la

---

<sup>1</sup> Kuczarski, Thomas. *Innovación. Estrategias de Liderazgo para Mercados de Alta Competencia*. Mc. Graw Hill, Santafé de Bogotá, D.C., mayo de 1997

<sup>2</sup> Chaparro, Fernando. *Conocimiento, Innovación y Construcción de Sociedad: Una Agenda para la Colombia del Siglo XXI*. COLCIENCIAS. Santafé de Bogotá, D.C., Agosto 14 de 1998.

<sup>3</sup> Lundavall, Bengt-Ake: *National Systems of Innovation*. London, 1995

<sup>4</sup> Pérez, Carlota. *Innovaciones Sociales y Políticas para enfrentar los nuevos desafíos*, Cámara de Industriales del Estado de Carabobo. Venezuela, noviembre de 1997.

innovación se produce como resultado de un “continuo del conocimiento”, en donde se combinan elementos de la cultura y organización empresarial, la investigación y desarrollo, la transferencia de tecnología, la especialización y motivación de los recursos humanos, la difusión, extensión y asistencia técnica, el aprovechamiento de las oportunidades del mercado, y otras actividades afines, en función de las estrategias de crecimiento del negocio y de logro de la competitividad sostenible.

Las empresas, especialmente aquellas organizadas en cadenas productivas u otro tipo de esquemas de cooperación, son los agentes líderes de la innovación y la competitividad, porque son estas organizaciones las que tienen la capacidad y la necesidad de integrar un conjunto disperso de factores que contribuyen al éxito del proceso productivo, tales como los conocimientos científicos y tecnológicos, las expectativas de los clientes y usuarios, esto es, el mercado, las fuentes de recursos financieros, las normas técnicas y del medio ambiente para la adopción sostenible de la tecnología, la legislación nacional e internacional sobre inversiones, propiedad intelectual, tributación, localización industrial, derecho laboral, etc. En este contexto, los centros de desarrollo tecnológico, los centros regionales de productividad y las incubadoras de empresas de base tecnológica, constituyen una infraestructura de apoyo a las actividades tecnológicas de las empresas, mediante portafolios de servicios tecnológicos y carteras de proyectos de innovación, realizados conjuntamente.

A su vez, las universidades e institutos de capacitación técnica y tecnológica son el pilar más valioso en la formación del capital y talento humano que requieren los procesos de innovación, así como en la investigación y generación de nuevos conocimientos, que son la base para la construcción de los nuevos paradigmas y el cambio en las culturas de la sociedad.

## **1.2 Ingeniería e Innovación**

La ingeniería es una actividad creativa, que integra elementos del conocimiento científico y tecnológico con aspectos gerenciales y empresariales, a fin de adoptar soluciones novedosas a problemas existentes o de aprovechar oportunidades que mejoren la productividad y competitividad de la sociedad, en un marco de globalización. La ingeniería requiere el concurso de múltiples disciplinas científicas para la conformación de escuelas del conocimiento preparadas en dar respuesta a los retos de una realidad compleja y cambiante, caracterizada por universos de tecnologías que interactúan y se complementan entre sí.

Los nuevos paradigmas del Siglo XXI se caracterizan como “sistemas tecnológicos”, que son conjuntos de tecnologías relacionadas, generadoras de valor agregado y creadoras de nuevas dinámicas sociales. En el centro de estos sistemas tecnológicos se encuentran los sistemas de información y la informática. La convergencia de la electrónica, la informática y las telecomunicaciones está produciendo cambios profundos en la conformación de una sociedad planetaria y una cultura universal, conocida como la “aldea global” o “nuestro vecindario global”.

En este nuevo escenario mundial de interacción de las sociedades y las comunidades, la ingeniería ha sufrido, también, una transformación fundamental. El mayor cambio se está dando en el paso de una concepción por disciplinas científicas, agrupadas por especializaciones

profesionales orientadas al mercado laboral, a una concepción centrada en las habilidades y actitudes para la innovación a partir del dominio de tecnologías genéricas y métodos de apropiación y generación de conocimiento, que establecen capacidades en los grupos de ingeniería para modelar y simular la realidad de los procesos productivos, de una manera creativa y novedosa. Este enfoque de la ingeniería requiere de habilidades individuales pero, sobretodo, de altas capacidades de trabajo y de pensamiento de equipo interdisciplinario.

El nuevo reto de la ingeniería es acelerar la evolución de su actor principal, el “artista de la tecnología” o ingeniero, acuñando un perfil que le permita, además de desempeñarse con eficiencia y propiedad en actividades de operación y mantenimiento de plantas, papel que se relega cada vez más a los técnicos y tecnólogos, ser el artífice de la construcción de capacidades de innovación y desarrollo tecnológico, con una misión más cerca del imaginario, la creatividad y la prospectiva, que lo induce a desarrollar, permanentemente, nuevos productos, procesos y servicios para el mercado. La ingeniería es fuente de innovación, trabajo y riqueza, y su gran fortaleza reside en su papel dual: a la vez que genera ciencia sirve de portadora vital de progreso. La nueva imagen del ingeniero le permitirá participar más activamente en el diseño de los escenarios deseables para la sociedad del futuro, el tipo de tecnologías que reforzarán el cambio social y las nuevas de gerencia de proyectos y de trabajo en redes de innovación que revolucionarán el estilo y práctica de la ingeniería.

### **1.3 Limitantes en el desarrollo y aplicación de la Ingeniería a procesos de Innovación**

El éxito en el desarrollo y aplicación de la ingeniería a procesos de innovación con impacto en la competitividad y avance social depende de una serie de factores macro, meso y micro que guardan una relación dinámica entre ellos. Cabe citar algunos de estos factores con el propósito de generar una reflexión sobre la visión predominante en Colombia y el compromiso de los diferentes actores institucionales:

- Ambiente general de fomento a la investigación e innovación
- Visión global de las oportunidades y problemas
- Compromiso y liderazgo de los sectores productivos
- Programas Estratégicos en el orden nacional, regional y de cadenas productivas
- Organización de Sistemas Regionales de Innovación
- Mecanismos de interacción universidad-empresa-centro tecnológico-usuario
- Creación de nuevas empresas de base innovadora
- Formación avanzada de ingenieros en nuevas tecnologías
- Dominio de métodos avanzados de investigación y simulación en ingeniería
- Formación integral, humanista y técnica de los ingenieros
- Inversiones crecientes en desarrollo tecnológico

- Difusión y popularización de los resultados de la investigación

Del análisis situacional de los anteriores factores en Colombia se identifican algunos limitantes al desarrollo y aplicación de la ingeniería como actividad generadora de innovación y bienestar por excelencia, los cuales se resumen a continuación:

**a) Entorno complejo para la investigación e innovación**

Durante los últimos años se produjeron avances importantes en la adopción de la “Estrategia Nacional de Competitividad” y la construcción del “Sistema Nacional de Innovación”. Algunos resultados concretos muestran un incremento en el número y monto de proyectos de innovación y desarrollo tecnológico financiados por COLCIENCIAS (se financiaron 210 proyectos por un monto de \$59.356.000 millones), la creación y apoyo a 34 centros tecnológicos, incubadoras y centros regionales de productividad, creación del Fondo de Capital de Riesgo, la ley 383 de 1997 que mejora los incentivos fiscales a las inversiones en investigación, la integración del crédito con el IFI y los intermediarios financieros, la operación de un sistema de garantías tecnológicas para facilitar el acceso a los recursos por la PYME, la iniciación de un proyecto para la transformación de la ingeniería y la formación técnica, el fomento a los Sistemas Regionales de Innovación y la ejecución de programas estratégicos.

Hay que reconocer que muchos de estos avances institucionales han logrado generar una nueva dinámica de innovación en Colombia, pero también hay que ser realistas respecto a las posibilidades del desarrollo tecnológico nacional frente a las altas tasas del cambio tecnológico en los países industrializados y a la gran magnitud de sus inversiones en investigación y desarrollo.

El escenario del futuro corresponde al desarrollo de ciencia y tecnología en un mundo transnacionalizado, con una creciente inversión extranjera en los servicios y en la industria, con una mayor apertura en los flujos del comercio y una mayor movilidad del personal entrenado. Para tratar de sobrevivir en este nuevo contexto se requieren alianzas estratégicas y una visión internacional de la I&D. Las empresas y grupos de investigación que no tienen la suficiente flexibilidad y movilidad para adaptarse a este entorno cambiante van a desaparecer, pero surgirán también nuevas empresas, organizaciones y grupos de investigación regidos por los nuevos parámetros de la competitividad.

**b) Lenta transformación de la cultura empresarial**

La cultura empresarial imperante evidencia poca valoración de los intangibles, tales como el conocimiento y la investigación, y esta situación incide en la falta de determinación de los empresarios en la contratación de know-how y asistencia técnica en el país. Los proveedores y desarrolladores de tecnología se ven obligados a “empaquetar” los costos de ingeniería, capacitación y servicio técnico en el precio del producto. Es necesario que las entidades que ofrecen servicios de capacitación y asesoría “gratis” (en realidad no son gratis porque detrás de ellos hay costos escondidos que alguien paga) eliminen esta estrategia de su portafolio y la reemplacen por servicios con valor agregado y costo competitivo.

**c) Falta de gerencia tecnológica en grandes proyectos**

Las grandes obras de infraestructura pública y privada en el país no incorporan elementos que incentiven el desarrollo tecnológico. El estatuto de compras oficiales es un compendio de normas y procedimientos legales sin ninguna orientación a la creación de ventajas competitivas en ingeniería y desarrollo empresarial. Por el contrario, en los países desarrollados a pesar de la apertura, las compras oficiales continúan siendo el instrumento más poderoso para la promoción de la investigación e innovación. En Colombia se requiere una cruzada por la modernización del Estado y la racionalización de sus inversiones como factor crucial del fomento tecnológico.

**d) Desarrollo incipiente de los Sistemas Regionales de Innovación**

En las regiones se ha ido creando progresivamente una organización institucional mixta orientada a la coordinación y fomento de la ciencia y tecnología. Los avances en esta materia son importantes en algunos departamentos del país, pero en general se puede observar que falta organizar Sistemas Regionales de Innovación, con el fin de promover el desarrollo tecnológico, fortalecer el desarrollo empresarial, y conformar ‘clusters’ que refuercen la especialización estratégica y la competitividad sostenible.

**e) Aislamiento y dispersión de grupos de investigación en las universidades.**

Algunos grupos de investigación en ingeniería continúan desarrollando proyectos de investigación aislados de las necesidades sociales y económicas del país y con muy poca interacción con el Gobierno y las empresas. Se aduce como argumento de esta situación la autonomía en la realización de investigación básica en ingeniería por parte de la universidad. Al hacer una revisión de este tipo de proyectos se advierte que la mayoría no genera patentes ni crea conocimiento de frontera, corresponden más bien a investigación aplicada en la cual se requiere la participación empresarial.

**f) Baja formación en gestión tecnológica**

En Colombia existen muy pocos ingenieros con formación en gestión tecnológica, lo cual limita la comprensión global de los fenómenos de innovación y el papel que corresponde a los ingenieros en la generación y aplicación de tecnologías y en el despliegue de las estrategias de competitividad.

## **1.4 Invisibilidad de la ingeniería**

Paradójicamente, el principal problema para dilucidar la situación presente de la ingeniería, es su **invisibilidad**, a pesar de la presencia permanente en la vida cotidiana en campos y ciudades, en el desenvolvimiento de las empresas de producción y en el entramado del aparato educativo, que da cuenta de la formación profesional del ingeniero.

La ingeniería no aparece mencionada explícitamente en la mayor parte de los documentos relacionados con las políticas oficiales de apoyo al desarrollo de las actividades tecnológicas y productivas, pues se encuentra subsumida en el marco general del concepto de tecnología. De todas maneras, la ingeniería es la forma más acabada como se expresa la tecnología. La tecnología ha opacado a la ingeniería ante la opinión pública, haciendo que no aparezca ella con la visibilidad necesaria para poder actuar en pro de resolver sus obvias dificultades.

Sin embargo, este problema no es solo de Colombia. En un reciente Informe<sup>5</sup>, sobre las perspectivas de los ingenieros y la ingeniería en los Estados Unidos, se dice que a pesar del reconocimiento que la sociedad norteamericana hace a los ingenieros por su contribución al crecimiento económico, adolece de tener poca información sobre la ingeniería, situación que amenaza su liderazgo en dicha nación.

En dicho artículo, la catedrática de la AAES, Martha Sloan plantea: *“En una era, cuando la tecnología ayuda a convertir la fantasía y la ficción en realidad, los ingenieros han jugado un papel esencial en el desarrollo de las tecnologías que mantienen la economía, el medio ambiente y la seguridad nacional. Revolucionaron la medicina con la construcción del marcapasos y del scanner de resonancia magnética. Cambiaron el mundo con el desarrollo de la televisión y el transistor, los computadores y el Internet. Introdujeron nuevos conceptos en el transporte, en la generación de energía, en las comunicaciones satelitales, en los edificios resistentes a los eventos sísmicos y en cultivos más resistentes a las plagas, todo esto al aplicar conocimientos científicos con el fin de suplir las necesidades humanas. A pesar de estas contribuciones a la sociedad, esta **profesión encubierta**, cuyos miembros llegan en número a más de dos millones de personas en solo Estados Unidos, permanecen en gran parte invisibles, cuando más del 60% de la sociedad norteamericana afirma no estar al tanto sobre la significancia de la ingeniería y de los ingenieros”*.

Por esta razón y con el fin de revertir la situación de los ingenieros de hoy, es decir, los mayores “Agentes de Cambio de Civilización”, dados los ilimitados espacios y áreas de conocimiento en donde ejercen su profesión, están conminados a pensar en contextos, más amplios que aquellos en los que desempeñan su labor cotidiana

En este sentido, resulta plausible el esfuerzo que el Departamento Nacional de Planeación, la Universidad de Antioquia, el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia y COLCIENCIAS hacen al convocar a este Seminario, con el objetivo de iniciar un proceso de evaluación de la situación de la ingeniería. Estos materiales, de alguna manera, representan un cuerpo teórico y, al mismo tiempo, operativo, que forma parte de un pensamiento institucional del orden público y privado, puesto a discusión para hacer visible la problemática de la ingeniería.

---

<sup>5</sup> “Engineering Remains a Stealth profession” American Perspectives on Engineers and Engineering”. AAES American Association of Engineering Societies. Sept 3 de 1998.

## 2. PERFIL DEL NUEVO INGENIERO COMO ACTOR PRINCIPAL DE INNOVACION

### 2.1 El ingeniero y sus entornos – Su semblanza en el marco de la innovación

Para desarrollar el tema del papel de la ingeniería en la innovación, es más útil hacerlo a partir de la concreta situación del ingeniero, sujeto de una formación profesional, que hunde sus raíces en el Siglo XVIII. Desde comienzos del Siglo XIX, con el apogeo del desarrollo industrial y de las fuerzas económicas del capital, se transformaron radicalmente el paisaje, las ciudades y la cultura, creando y recreando desde entonces para la humanidad, una segunda naturaleza técnica y artificial. Detrás de esta impresionante explosión de obras, propia de esta segunda naturaleza, se encuentra un personaje discreto y anónimo, pero figura central de los tiempos modernos y que aparece en Europa con características muy definidas al final del Siglo XVIII.<sup>6</sup>

Es un arquetipo que refleja el ambiente de la época: espíritu positivo, siempre con la mira puesta en el futuro, con muy poca inclinación al exhibicionismo y a la glorificación. Es un espíritu pionero, eficaz y asociado pertinentemente al desarrollo de las nuevas fuerzas productivas.

A diferencia de los tiempos de hoy, en aquella época del nacimiento de las tendencias liberales, había una fe ciega en el progreso y en los beneficios que del desarrollo se derivan. Por lo tanto, resulta interesante **redescubrir el espíritu del ingeniero**, a través de las invenciones técnicas como hilo conductor.

El Ingeniero era una figura emblemática que encarnaba el progreso y aunaba en su ser al hombre del saber y de la razón. El Siglo XIX lo forjó como mito e imagen legendaria del hombre preciso, seguro de sí, eficaz, solitario y, sin embargo, dedicado al bienestar público y al progreso técnico. Por esta circunstancia, siempre se lo identificó con obras impactantes como puentes, rascacielos, centrales, etc.

La función del ingeniero ha sido desde siempre la de mediador pragmático, unas veces al servicio del Estado, de la política, otras de la arquitectura y en la construcción de obras civiles, de los hombres de finanzas y, por supuesto, en lo más tradicional de su que hacer, como la de encargarse de la buena marcha de los complejos industriales y de máquinas. Para balancear este mito, también, se le vio cumplir tareas non sancta a nombre de la industria y del estado.

---

<sup>6</sup> “L’Art de l’Ingénieur – Constructeur, Entrepreneur, Inventeur” Petit Journal de L’Exposition. Juin Sept. 1997 Paris.

Se pueden encontrar en el ingeniero, entonces, dos características típicamente modernas: el anonimato y la eficacia de su trabajo. Con él puede afirmarse que los inventos más significativos, no provienen de los grandes enunciados sino de la resolución minuciosa de preguntas aparentemente de detalle. Es bueno recordar que el ingeniero moderno nace de dos tradiciones muy diferentes ligadas ellas a dos naciones europeas que han sufrido en el pasado procesos político antagónicos.

La Francesa, organizadora del primer cuerpo de ingenieros en el Siglo XVI con objetivos estrictamente bélicos, y que con el correr del tiempo este cuerpo se dedicó a la construcción de la infraestructura civil representadas en redes de transporte, canales y puentes. Más que la innovación, su atención estuvo puesta en la racionalización y dominio del trabajo en los grandes talleres industriales, haciendo uso intensivo de herramientas intelectuales como la geometría, las matemáticas, la codificación y cuantificación sistemática de las técnicas en boga. De esa época surgen L'Ecole des Ponts et Chaussées en 1747 y L'Ecole Polytechnique en 1794.

En Francia, los grandes cuerpos de ingenieros de estado vieron realzar su papel al servir de pivote entre los intereses del estado, la gran industria y la sociedad, llegando a convertirse en grandes planificadores y tomando a su cargo la modernización y la construcción de la infraestructura del país.

La Inglesa, cuyo aporte a la modernización se debió más a la iniciativa de los individuos, imbuidos de una ideología del trabajo y de la eficacia, que a las necesidades del Estado. El formalismo poco importaba y el interés inmediato en el problema técnico estimulaba la astucia y la agudeza en el ingeniero. Estuvo, sobretodo, dedicado a la invención de máquinas, equipos y procesos sin dar mucho crédito a las elaboradas expresiones del cálculo y a los nuevos desarrollos teóricos realizados por los grandes científicos ingleses que, de paso, pertenecían a las altas esferas aristocráticas.

El ingeniero resulta, entonces, de la conjunción de las estructuras sociales surgidas de las dos revoluciones acaecidas en estas antiguas naciones europeas: La Revolución Industrial de Inglaterra y la Revolución Política de Francia de 1789. La filosofía de estas dos escuelas, en cierto modo, tuvo una notoria influencia en la consolidación de las escuelas de ingeniería de la Colombia de los comienzos del presente siglo: La Escuela de Minas de Medellín, con orientación típicamente empresarial, y la Facultad de Matemáticas e Ingeniería de Bogotá, con preeminencia de las matemáticas <sup>7</sup>. Como se sabe, la invención técnica no puede nacer ni de una demostración puramente matemática ni de una aproximación solamente empírica. El ingeniero inventivo combina el cálculo y la experiencia y constantemente navega entre estas dos contrarias estrategias.

**El ingeniero es un ser de ruptura:** al liberarse de los saberes tradicionales y liberar su propia imaginación subvierte las certidumbres del saber común. En los procesos de creación y construcción el ingeniero, en especial el civil, no busca conciliarse con los entornos, y no se pone en la tarea de armonizar sus obras con otras en el entorno espacial. Por eso sus obras no siempre son bien recibidas (Recuérdese la agria polémica pública cuando la construcción de la Torre

---

<sup>7</sup> “Ética, Trabajo y Productividad en Ationquia” Alberto Mayor Mora. Pag 71 TM Editor 1989.

Eiffel en 1876). El ingeniero pone el énfasis en la coherencia interna de sus diversos sistemas, tanto estructurales como de máquinas, que él imaginó y no pretende esperar inscribirlos en una lógica global para luego proceder.

## **El ingeniero y la economía**

La economía es, de por sí, el fermento de la sociedad industrial y por esto mismo se constituye en el fundamento del trabajo del ingeniero. Optimizar, una de las funciones de la economía, no es posible sino al interior de un proceso conocido y determinado y se ejercita el ingeniero en la escogencia y ajuste de las variables del proceso.

Pero en la búsqueda de lo óptimo, no es suficiente sólo el cálculo sino que se requiere, igualmente, la intuición. Dice el arquitecto Pier Luigi Nervi: “Es lamentable que ciertas de las más altas cualidades del espíritu humano, como la intuición y la aprehensión de los fenómenos, hayan sido proscritas de nuestras escuelas y resulten suplantadas por fórmulas abstractas e impersonales”.

## **El ingeniero y la naturaleza**

En la posguerra y con el espectacular desarrollo de los equipos de laboratorio, la naturaleza se constituyó en referente supremo en el impulso de la tecnología para las generaciones de la época. Ella se ofreció, entonces, como un modelo de creación al que se podía imitar por la forma y por el método y esta aproximación se basaba en el axioma, de que los principios naturales, en su tendencia a minimizar energía, llegaban necesariamente a sistemas estables y armoniosos. Fue esta una fuente de inspiración para la arquitectura y la ingeniería civil. El proceso de aligeramiento de una estructura y de optimización de una forma tiene un gran precedente: la naturaleza.

En estas circunstancias, el acto de concepción no es verdaderamente una invención, menos aún una creación, pero hace surgir del descubrimiento las “misteriosas concordancias” entre la naturaleza y la técnica. Esta concepción fue cuestionada en la década del 70 por las teorías del Caos que demuestran que numerosos fenómenos naturales son altamente inestables y sujetos al azar. El descubrimiento de comportamientos erráticos en sistemas que no están sujetos a ninguna fuerza irregular o aleatoria sino que están, por el contrario, regidos por leyes estrictamente deterministas, ha marcado la emergencia de un nuevo paradigma bautizado como el Caos Determinista <sup>8</sup>. El laboratorio llegó a ser el nuevo espacio de trabajo de los ingenieros.

---

<sup>8</sup> “Le Chaos Deterministe – Herman haken et al. La Recherch 255 Oct. 1990 Vol. 21

## **El ingeniero y la norma**

La formidable vitalidad propia de la técnica es, a la vez, fuente de progreso y de peligro para el hombre. Estos hechos manifiestan con gravedad el riesgo inherente a toda técnica, cuando se la lleva hasta los extremos de agotar sus propias posibilidades. Al reconocimiento de los indudables progresos ofrecidos por la técnica a la humanidad, se imponen también las imágenes de desolación de sus desastres. De ahí que surja la necesidad, mediante estrategias puestas permanentemente en práctica, de circunscribir este riesgo siempre presente para la sociedad.

La normalización, más aquellas prácticas que impiden la propagación de los accidentes, refleja estrictamente estos mandatos sociales y para tal efecto se han desarrollado nuevas ramas de la ingeniería, utilizando altas tecnologías para realizar simulaciones calculadas de daños de diferente tipo. Desde luego que esta quimérica búsqueda de la anulación del riesgo, surge de una ideología más general, la del control, muy expandida y reconocida en el mundo.

Resulta paradójico que estas exigencias, sancionadas socialmente, puedan constituirse en un freno a la innovación y un estímulo a las prácticas más conservadoras que destruyen los fundamentos mismos del pensamiento y la actividad del ingeniero. Es aquí donde la investigación de nuevos materiales, la posibilidad de mejorar las propiedades mediante cambios en su estructura interna y, en particular, su uso innovador en otros campos para los que no fueron pensados originariamente hace que exista una permanente tensión del ingeniero con la norma.

## **El ingeniero, el cálculo y la imagen virtual**

Se emplea aquí la palabra “número” como una metáfora del camino intelectual tradicional del cálculo, realizado paso a paso en la larga práctica profesional del ingeniero. Esta tendencia de la desaparición del número, se ha favorecido enormemente debido a las nuevas herramientas informáticas que transforman el cálculo en simulación. Una estructura, una pieza de ensamblaje, un fluido etc. se modelan siguiendo un método único – la teoría de los Elementos Finitos – y con base en las mismas ecuaciones fundamentales de la mecánica. El mismo modelo de cálculo puede, así, integrar los elementos más diversos.

El cálculo, al llegar a ser un agradable juego, deja de ser una especie de pantalla de proyección abstracta de los procesos de interacción que se dan entre el Ingeniero y el objeto en proceso de diseño. El realismo y la extrema finura de los modelos informáticos, aproximan al objeto más y más a la experiencia virtual, a tal punto, que desafía directamente la experiencia en el laboratorio. La actitud del ingeniero tiende a ser, en el marco de esta lógica, paradójicamente más empírica. Las simulaciones informáticas favorecen, entonces, una nueva forma de intuición técnica, al poner inmediatamente en evidencia, la relación de los resultados de un cálculo con una excelente aproximación a la futura experiencia sensible y aquí reside la fuerza de la imagen virtual.

El cálculo, en esta condición, se generaliza y se multiplica en forma extraordinaria, pero, se debe siempre recordar que el universo virtual que nos abre la informática es ante todo un universo calculado. El cálculo no se presentará ya más como un camino intelectual hecho paso a

paso (la metáfora del número), sino como una profusión de modelos y métodos ofrecidos por las potencialidades del computador a la inteligencia del ingeniero. Se trata, de esta manera, de una nueva exigencia en la actitud del ingeniero, como una contrapartida al aumento extraordinario de las capacidades de cálculo.

## **El ingeniero y la inteligencia artificial**

En términos de desarrollo técnico, la época de fin del presente siglo, no se caracteriza por tener un material emblemático como lo fueron el hierro en el Siglo XIX y el concreto armado en la primera mitad del Siglo XX. Lo que caracteriza significativamente el momento actual, es la tentativa de llevar al primer plano de la ingeniería, la inteligencia artificial, pensada ésta como una opción deliberada propia de la tecnología. Esta tendencia se ve favorecida por la profusión de nuevos materiales, que son llevados hasta el límite de sus posibilidades y que presentan gracias al desarrollo tecnológico una configuración microestructural, de forma tal que constituye un continuum con la estructura a gran escala, es decir la macroestructura.

Estos materiales pueden integrar funciones muy complejas y distintas tales como las ópticas, térmicas y acústicas. Los materiales más recientes presentan un comportamiento de respuesta casi orgánico, a tal punto que integran sus diversas funciones desde el fundamento mismo de su estructura química para reaccionar inteligentemente ante los cambios del medio, modulando para tal efecto sus características en forma apropiada.

Hoy más que nunca el ingeniero se mueve entre variadas lógicas. Esta situación estimulante y problemática persistirá de aquí en adelante, más entre el cálculo y la experiencia, entre la audacia y el rigor, entre los riesgos del despliegue tecnológico y la sujeción a la normalización. Entre estos extremos no existe un justo punto medio, estable y bien definido, donde el ingeniero pueda poner el pié. Dada la multiplicidad de opciones que el ingeniero tiene hoy en día, la solución técnica reside mas bien en la forma de plantear la pregunta que en el método escogido para resolverla.

Los ingenieros a menudo han mostrado un marcado interés por las cuestiones políticas, en razón de la importancia social y económica de sus proyectos y en este sentido todas las tentativas de construir para ellos una técnica reconciliada con la naturaleza y con el ser humano se deberán apoyar más que nunca desde lo ético.

## **2.2 Elementos del Perfil del Ingeniero Innovador**

Los aspectos más relevantes del perfil del nuevo ingeniero para el Siglo XXI se agrupan para fines de discusión en cuatro categorías:

- a) Conocimientos científicos y tecnológicos.
- b) Actitudes innovadoras

- c) Habilidades gerenciales.
- d) Ética, política y responsabilidad social.

Los conocimientos científicos y tecnológicos del ingeniero deben tener una base teórica sólida y de actualización permanente, ligada a una capacidad práctica para desarrollar soluciones creativas y viables. Es fundamental una fuerte formación en ciencias básicas del ingeniero para que pueda profundizar en la creación tecnológica y adquiera un dominio de los métodos de investigación, simulación y modelamiento. La formación básica del ingeniero junto con su know-how práctico lo facultan para la realización de actividades de desarrollo tecnológico como las siguientes:

- Generación de nuevas empresas de base tecnológica
- Desarrollo prospectivo de productos y servicios
- Desarrollo de ingeniería básica de procesos y productos, con criterios de equidad social y desarrollo sostenible
- Diseño e integración de paquetes tecnológicos para la solución de necesidades básicas de la población
- Investigación y desarrollo para la innovación radical, que ayude en la construcción de nuevos paradigmas
- Desarrollo de bienes de capital y de software para integrar sistemas tecnológicos productivos.

La formación científica y tecnológica debe ir acompañada de un cambio radical en las actitudes y motivaciones de los ingenieros: debe ante todo ser un líder en los procesos de innovación en la empresa y desarrollar una gran creatividad que le permita anticipar el cambio tecnológico y desarrollar nuevas generaciones de productos y procesos en las empresas y centros tecnológicos.

El desarrollo de habilidades gerenciales se integra al perfil del ingeniero innovador especialmente en actividades de dirección estratégica de las organizaciones, gestión tecnológica, creación de empresas, formación del capital humano, trabajo en grupos y redes de innovación, y gerencia de proyectos de innovación.

Los aspectos de ética, política y responsabilidad social son la base de formación del ingeniero, con conciencia y compromiso con el desarrollo humano de los trabajadores, la comunidad, la región y la sociedad en general.

### **3. TENDENCIAS INTERNACIONALES EN INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN INGENIERIA**

#### **3.1 Tendencias en la formación profesional del ingeniero para el Siglo XXI**

Si en todos los aspectos de la vida moderna, una decisión que tome un individuo supone de su parte un conocimiento básico y fundamentado de la tecnología, qué no decir del ingeniero. La avalancha de las tecnologías informáticas, el uso de nuevos materiales y de procesos biológicos han cambiado para siempre la práctica de la ingeniería.

En general, en el sector productivo sea público o privado, hay que invertir en promedio dos años para entrenar a un ingeniero recién egresado, tarea que debería ser asumida por el empresario con apoyo del aparato educativo. De otro lado, la vigencia de la vida media profesional del ingeniero, hoy por hoy, es de unos pocos años a partir de la cual prácticamente debe re-aprender todo más rápidamente que en cualquier otra época <sup>9</sup>.

Los cambios internacionales que se perciben, especialmente en Estados Unidos y Europa, se orientan a considerar la formación en el nivel de Maestría o su equivalente como el grado mínimo profesional necesario para tener acceso al mundo de la industria. Se asegura al menos con esta formación un entrenamiento dirigido hacia el desarrollo y/o la investigación.

Se piensa que el pregrado debería dedicarse a formar al ingeniero en el espíritu de las ciencias básicas experimentales dado el cambio permanente de paradigmas producido por la investigación científica, y se recomienda vincular al estudiante desde las más tempranas etapas de su formación a las organizaciones profesionales y centros de desarrollo, que son las redes por donde circulan con gran eficacia los nuevos saberes.

De igual manera, desde el inicio mismo del pregrado ha de inculcarse la filosofía del aprendizaje permanente que es aquel que dura toda la vida. Baste esto para decir que el ingeniero debe tomar en sus manos el diseño de su propio plan curricular incluyendo, obviamente, sus estudios de posgrado, según sus talentos y las exigencias del futuro <sup>10</sup>

Hacia el año de 1985, esta experiencia ya había sido específicamente puesta en práctica en la Universidad de Waterloo de Canadá, organizando este plan de estudio de diseño específico en

---

<sup>9</sup> Herman Haken, *Opcit*

<sup>10</sup> *Better Preparing Our Engineers for the 21<sup>st</sup> Century*” William A. Wulf Remarks – Annual Meeting of the American Association for the Advancement of Science. Feb 1998

las mismas condiciones de cualquier otro plan normal. La filosofía que anima este programa educativo es distinta, en el sentido de que permite acordar, a partir de los intereses y talentos del estudiante y las disponibilidades académicas de la Universidad, una ruta crítica de sus asignaturas con la guía del cuerpo de profesores, aprovechando para ello el conjunto de posibilidades académicas y de laboratorios ofrecidos por esa prestigiosa Universidad. De lo que se trata ahora es de saber si los cambios que introduce esta nueva propuesta educativa, señal de los tiempos venideros, pueda generalizarse.

En cuanto al panorama de los estudios básicos en pregrado, debe comprenderse que por la presencia de áreas modernas como la nanotecnología, de los procesos biológicos y las tecnologías de la información, ya las bases de matemáticas y, en general, de las ciencias básicas son diferentes a las que hasta el momento han dominado el panorama de la ingeniería.

### **3. 2 Tendencias Internacionales del Aprendizaje Permanente en el Marco de las Empresas**

Este enfoque del aprendizaje para la innovación permite resolver el problema de la obsolescencia para el ingeniero en tanto tal y concilia los intereses para la sobrevivencia de las empresas en un ambiente de renovación incesante de los cambios tecnológicos, manteniendo al tiempo el acervo intelectual y el saber acumulado de sus empleados.

Este proceso de aprendizaje permanente invita a quienes asumen esta filosofía a hacerse más ágiles intelectualmente. El aumento del empleo calificado en pequeñas compañías especializadas en nichos específicos de mercado, incrementa la demanda de ingenieros con habilidades y conocimientos al día, no solo en lo técnico sino, además, en los aspectos más amplios de las ciencias sociales. Particular atención merece el fenómeno del liderazgo y de aquellas habilidades propias del mundo de los negocios.

Este es el planteamiento subyacente de la divisa “Mantener la Vitalidad Profesional”<sup>11</sup>, que urge a los individuos a que tomen en sus manos el proceso de localizar, dentro de las ofertas disponibles, aquellos frentes de re-aprendizaje que mantengan y mejoren sus habilidades básicas y los pongan al día en las tecnologías más relevantes para su trabajo concreto.

---

<sup>11</sup> “ Maintaining Professional Vitality – Importance of Long Life Learning – K. Laker Presidente IEEE April 1998

### **3.3 Tendencias Internacionales Organizativas de las Minorías Étnicas y de Género en Ingeniería**

Este fenómeno socioeconómico es muy interesante en términos de la visibilidad y del empleo de las comunidades étnicas que luchan por mejorar su situación laboral y su forma de vida. Al menos en los Estados Unidos se destacan dos a las que se puede acceder por las páginas Web. Se trata de la NACME cuya misión es luchar por el posicionamiento del mercado laboral de las minorías afroamericanas, latinas e indio – americanas, pues es muy limitada su presencia en el contexto de las empresas científicas, y la SWE (The Society of Women Engineers) cuyo objetivo es estimular a la mujer a alcanzar su plena potencialidad en el ejercicio de la carrera, mostrar el valor intrínseco de la diversidad y hacer conocer la imagen de la mujer ingeniera como un factor positivo en el mejoramiento de la calidad de vida <sup>12</sup>

### **3.4 Estructuras y Redes Organizacionales de la Ingeniería en el Campo Internacional**

#### **Caso Paradigmático de los Estados Unidos**

Resulta pertinente dar un panorama del conjunto del entramado de organizaciones de todas las especialidades de las ramas de la ingeniería y relacionadas que comprenden asociaciones profesionales por especialidad, las de firmas de consultoría, de los institutos de investigación industrial, de publicaciones científicas y tecnológicas y las relativas al empleo, etc.

Se puede intuir fácilmente el significado que tienen las redes sociales para mantener vivo el imaginario del ingeniero y hacer conocer la fuerza que está detrás de esta rama del saber, responsable de los adelantos tecnológicos y que el Mundo Moderno conoce. (véase anexo A)

### **3.5 Experiencias Internacionales de Políticas de Estado para la Innovación de Ingeniería. Caso de Corea**

#### **Introducción**

En la base del presente tema está la íntima relación que existe entre los desarrollos derivados de la implementación de una política industrial y la Ingeniería como su agente ejecutor.

---

<sup>12</sup> **Ibid.**

Es muy importante para llevar por contraste este tipo de Desarrollo Tecnológico para un país que solo despertó a la realidad mundial de la globalización en los inicios de 1990, con lo ocurrido en Corea a partir de la década del 60 y cuya concepción de estado y las condiciones objetivas de su desarrollo fueron muy distintas a la colombiana. En razón de la puesta en marcha de estrategias tan distintas, que llevan a resultados absolutamente diferentes es que se toma el caso de Corea como una base referencial. Para Corea la Ciencia y la Tecnología C y T es el eje sobre el cual gira todo el proceso de modernización del país.

## **Caso de Corea – Estudio comparativo con Colombia**

Cada vez que se entra en relación con otros entornos, para conocer en Ingeniería las tendencias internacionales en Investigación y Desarrollo Tecnológico, siempre lleva en forma intuitiva al lector atento a considerar consciente o inconscientemente un análisis comparativo con la situación nacional <sup>13</sup>.

Los interrogantes claves son los siguientes: Porqué se compara – Para qué se compara – Cómo se usa la información comparada, para lo cual es necesario discriminar las variables utilizadas para propósitos de Análisis Comparativo.

Este orden metodológico implica una jerarquía en el desglose de los temas que se puede resumir así: Contexto – Estructuras – Características – Conductas – Filosofía/Ideología – Procedimientos – Objetivos – Congruencia – Consistencia – Evaluación – Productos – y otros.

Es necesario previamente hacer unas indispensables consideraciones de contexto que tienen que ver con las distintas condiciones en que se operaron las masivas inversiones del capital internacional en el sudeste asiático, inmediatamente después de finalizada la II Guerra Mundial.

Los conflictos sin fin a lo largo de la historia, han sido los costos enormes que ha tenido que pagar la humanidad para entrar en la modernidad. Dos espantosas guerras mundiales son el testimonio de la irreductible tanática condición humana luego de las cuales una vez más, vuelven a surgir las sociedades con otras condiciones que ponen a prueba las reservas inagotables del talante de los pueblos en los procesos de reconstrucción de posguerra <sup>14</sup>.

Los arrasados países de Europa y del sudeste asiático tuvieron un Plan Marshall con el que, en menos de cuarenta años, volvieron a poner el pie a esas sociedades. Para América Latina no hubo un plan de esa naturaleza y por lo tanto, otros fueron los parámetros que signaron su futuro. Para abordar la interpretación de la Colombia de hoy es revelador el ensayo “Cultura de la Modernidad y Crisis Social” de Fernando Cruz Kronfly <sup>15</sup>.

---

<sup>13</sup> Análisis Comparativo” Paz Buttedahl. Conferencia Dic. 1997 Canadá.

<sup>14</sup> “ Informe de la Misión Empresarial al Asia” Julio 1998 Colciencias-Sena-Tecnos.

<sup>15</sup> “ La Cultura de la Modernidad y Crisis Social – Ensayo sobre la Modernidad y La Postmodernidad en la Cultura” Fernando Cruz Kronfly. La Sombrilla Planetaria Edit. Planeta Sept. 1994.

Corea comprendió muy claramente que, ante la precariedad de sus recursos naturales, no podía basar en ellos su plataforma de despegue económico y por lo tanto debía volver la mirada a la única opción posible: sus Recursos Humanos. Se trata de dar aquí una somera idea del entramado institucional y de las formas simbólicas que lo acompañan para explicar el desarrollo de la Ingeniería en este país. Se han tomado como ejemplo tres universidades dedicadas a la formación de Recursos Humanos en Ingeniería World Class. El video de la Korean Advanced Institute of Science and Technology – KAIST da una clara percepción de lo que significa una universidad moderna.

Para pensar la Corea moderna es indispensable hacer mención brevemente a ciertas condiciones históricas de ese país, que están en la base misma de los procesos de transformación que hizo posible el tránsito de una sociedad de carácter agrario a una de esencia industrial <sup>16</sup>

Desde los lejanos tiempos del neolítico hasta el siglo XVIII los saberes acumulados científicos y tecnológicos del pueblo coreano abarcaban entre otras la metalurgia, la astronomía, la orfebrería y la invención de la tipografía siglos antes de que surgiera Gutenberg, reconocido como el padre de la imprenta occidental. Muchos de estos conocimientos fueron transmitidos al Japón durante las primeras centurias y forman parte de las influencias que recibió dicha civilización de la sociedad coreana.

La introducción de la ciencia occidental se llevó a cabo entre los siglos XVII y XVIII. El llamado movimiento Silhak- Aprendizaje Practico- se extendió rápidamente dentro del mundo intelectual y las técnicas tradicionales tuvieron así por vez primera, una base científica y sistemática. Con la divisa Silsagusi – Verificación de la Verdad sobre los Estudios Reales – se inició el proceso de construcción de una capacidad nativa tecnológica.

Durante la segunda mitad del siglo XIX cuando los productos industriales extranjeros hicieron una masiva irrupción en la economía coreana, el país se expuso definitivamente a la influencia de la civilización occidental. Infinidad de mercancías entraron procedentes del Japón, Estados Unidos, Alemania y Rusia que competían por monopolizar el mercado nacional. La industrialización y la modernización de la sociedad coreana fallaron debido a la inestabilidad política y al choque con la moral y los principios de la filosofía de Confucio, incompatibles en aquella época con la racionalidad recién llegada de ultramar.

Durante el período de la ocupación japonesa 1910 – 1945 no hubo desarrollo científico y tecnológico en Corea. La estrategia del Japón, con la mira puesta en sus futuras incursiones bélicas, fue la de privilegiar ciertas áreas del país, en particular las del norte en función de la explotación de los recursos hidráulicos y mineros existentes. Por estos años se fundó la primera universidad así como una Escuela de Ingeniería aún cuando el ingreso de los coreanos estaba severamente restringido.

En el periodo de posguerra Corea se dividió en dos, correspondiéndole al sur las tierras planas y climas suaves y en consecuencia su atención se dirigió totalmente al desarrollo de la agricultura. La guerra de 1950 al 53 devastó al país y a la precaria base industrial.

---

<sup>16</sup> “Review of National Science and Technology Policy: Korea – Part I – Background report Nov. 1995.

## a) **Desarrollo de la C y T y la Industrialización a partir de 1962 hasta el presente**

El genuino desarrollo C y T Coreano comenzó en 1960 con la implementación de planes quinquenales que se iniciaron en 1962. El objetivo fue el de construir una plataforma para el despegue de la industrialización, a través del modelo de la Substitución de Importaciones y la expansión de la industria ligera. La construcción de una infraestructura tecnológica fue fundamental en estos años en los que se creó el Ministerio de Ciencia y Tecnología MOST y además se inauguró el Korean Institute of Science and Technology KIST financiado por el estado. Igualmente se fundó el KAIST como una Escuela Especializada de Posgrado para liderar la Investigación Industrial Coreana y resolver el problema de la formación de Recursos Humanos de alto nivel, atrayendo y reclutando para ello, científicos e ingenieros coreanos educados en el exterior y ofreciéndoles atractivas condiciones de trabajo.

Pero en 1970 el énfasis de la economía cambió hacia el impulso a las industrias intensivas en capital y tecnología, tales como la industria pesada y la química y de esta manera el sector manufacturero se vio enormemente favorecido. Para cubrir la demanda intempestiva de científicos e ingenieros calificados, la política en C y T se enfocó específicamente hacia la Ingeniería y la Educación Técnica en los campos relacionados con estos saberes y simultáneamente se crearon un sinnúmero de Institutos de Investigación Especializada para campos tan diversos como fabricación de maquinaria, de la industria naviera, ciencias del mar, los de la electricidad y la electrónica.

Se promulgaron las leyes de Promoción de Desarrollo Tecnológico y la de Servicios de Ingeniería y se inició la construcción del Parque Tecnológico Deaduck Science Town para proveer a Corea de un moderno complejo tecnológico que alojaría a las empresas de High Tech. En 1980 se continuó con la política de expansión de las industrias intensivas en tecnología y se reforzó la educación técnica y la política de repatriación.

En 1982 se creó el Programa Nacional de Investigación y Desarrollo destinado al apoyo de Tecnologías Genéricas de Salud Pública y en 1987 el Programa de Desarrollo Industrial en Tecnologías Genéricas, para proveer financiamiento y asistencia tecnológica a firmas privadas que desarrollaran tecnología de alto riesgo. La industria inició el proceso de la construcción de sus propios centros de I/D.

Hay un realinderamiento de los programas de investigación para dirigirlos a las tecnologías claves y fundamentales y se pide a los Institutos un mejoramiento de su productividad que se refuerza mediante una reforma estructural de los mismos. El principio de una competencia abierta y sana. La cooperación internacional bilateral y multilateral ha recibido la máxima atención.

## **b) Ciencia y Tecnología en el curso de la industrialización**

En Corea el desarrollo económico y la industrialización del país son las prioridades establecidas por el Gobierno y, en consecuencia, la política de ciencia y tecnología se subordina a la política económica. La economía ha presentado espectaculares resultados en los últimos 35 años y ha estado estrechamente ligada a los cambios estructurales en los campos de la industria, comercio y energía.

En las primeras etapas de la industrialización el desplazamiento de la fuerza laboral ocurrido desde la agricultura al sector industrial fue la fuente de mayor incremento en el Producto Interno Bruto. La industrialización continuó sin detenerse desde 1980, y fue así como Corea comenzó a participar en el marco de la red de países productores de la alta tecnología, fundamentalmente en la electrónica llegando a ser el líder de la producción de chips y periféricos.

La estrategia de la política económica orientada hacia la exportación y concomitante con los cambios operados en la estructura industrial, hicieron del Ministerio de Comercio uno de los pilares de la presencia internacional de Corea.

## **c) El papel del liderazgo presidencial en la innovación**

Cuando el nuevo gobierno tomó posesión en 1993 anunció su Plan Quinquenal 1993–1997 y señaló que la ciencia y tecnología serían el factor de mayor incidencia en el fortalecimiento del potencial de crecimiento nacional. Un objetivo último era el de lograr que la ciencia y la tecnología coreanas para los inicios del siglo XXI, sea del mismo nivel de los países de economía avanzada.

Se crearon varios equipos de trabajo compuestos por expertos en todos los campos. El programa se ejecuta bajo la supervisión directa del Presidente de la Nación y de su Primer Ministro para coordinar desde la alta dirección los distintos ministerios que tienen que ver con el cumplimiento del Plan.

Para propósitos del Seminario se hace una breve mención de los ministerios de mayor importancia que han sido protagonistas en el impulso a la Ingeniería Coreana en las últimas tres décadas.

**Ministerio de C y T (MOST):** se estableció en 1967 y además de sus propias funciones, su papel se ha extendido para coordinar y fortalecer los programas de C y T con los otros ministerios relacionados. Su foco está puesto en los programas tecnológicos de largo plazo y alcance.

**Ministerio de Comercio Industria y Energía (MOTIE):** El objetivo estratégico está puesto en los Programas de Investigación Aplicada en Tecnología Industrial. Es política de este Ministerio dedicar su atención a cuatro aspectos esenciales: La Comercialización Efectiva, el

despliegue de las Nuevas Tecnologías, La Construcción de la Infraestructura Tecnológica y la Cooperación Internacional.

**Ministerio de Educación (MOE):** El Ministerio controla toda la educación escolar y profesional, tanto en las Artes como en las Ciencias y tiene como mandato formar el personal de alto nivel en C y T, muy en particular, en lo relacionado con las ramas de la ingeniería. Siempre se enfatiza que Corea con sus escasos recursos naturales nunca hubiera sido capaz de alcanzar su nivel de desarrollo económico sin una masiva provisión de recursos humanos bien educados y de una gran capacidad de trabajo.

**Ministerio de la Construcción y el Transporte (MOCT):** Este Ministerio está encargado del desarrollo y coordinación de Programas Multipropósitos para el desarrollo de la infraestructura terrestre, la preservación y uso de los recursos acuíferos y de la tierra, la construcción de carreteras y comunidades urbanas, el transporte masivo, aviación y asuntos marinos. El MOCT financia el Korean Institute of Construction Technology y el Railroad Technology Institute, ambos dedicados al desarrollo tecnológico y científico.

#### **d) La educación científica y tecnológica en las universidades**

Un poco para caracterizar la atención que la Ingeniería acapara de las altas esferas del estado resulta interesante anotar que en 1994, las matrículas combinadas para las ramas de Ciencia e Ingeniería resultaron ser inferiores en un 20% a las de las Ciencias Sociales y Humanidades. Se propuso desarrollar una política agresiva estatal para revertir esta situación haciendo especial énfasis en divulgar las bondades de la ingeniería y las necesidades prioritarias del estado.

Dentro del grupo de universidades dedicadas a la ingeniería de punta, se pueden mencionar dos que son el Korean Institute of Science and Technology -KIST y el Korean Advanced Institute of Science and Technology -KAIST creados en 1961 y 1971 respectivamente. El KAIST es la única universidad no controlada por el Ministerio de Educación y ha sido financiado conjuntamente por el Gobierno y la Industria desde su fundación. Está situado en el Daeduck Science Town y goza de la importante ventaja de poder cooperar con los institutos de investigación localizados en el área del Parque Tecnológico bajo la filosofía de la colaboración recíproca.

Otra entidad es el Kwang – Ju Institute of Science and Technology (K-JIST), creado en 1995 y controlado por el Ministerio de C y T (MOST) tiene como objetivo el de constituirse en un centro de excelencia en C y T de talla mundial e integrará la educación de posgrado con la misión de orientar su investigación hacia los campos más avanzados de la tecnología en temáticas como la Informática y Comunicación, Nuevos Materiales, Mecatrónica, Biociencia e Ingeniería Ambiental.

## e) **Institutos de Investigación financiados por el Gobierno**

En Corea hay tres tipos de institutos públicos que lideran la investigación en ciencia y tecnología y un número que sobrepasa los 2.000 centros de desarrollo tecnológico en las empresas.

- 1 *Los NRI National Research Institutes*: Son organizaciones gubernamentales que hacen Investigación e igualmente Ensayos que en un número de 83 centros se dedican con especial énfasis a la agricultura (65) y a ingeniería (7). Del conjunto, 32 pertenecen al Gobierno Central y 51 a los Gobiernos Locales.
- 2 *Los GII* que son Empresas públicas de enormes presupuestos y que participan en actividades investigativas para dicho sector. Tradicionalmente, la inversión de estas empresas en I&D era menor que la de las firmas privadas y en 1992 el Gobierno las conminó a invertir fuertemente en estas áreas y fue así como se crearon varios institutos de investigación anexos a las empresas. Dos de las empresas más grandes de este grupo son Korea Telecom y Korea Electric Corporation.
- 3 *Los GRI Government Research Institutes* financiados y apoyados por el gobierno que han asumido el liderazgo de la investigación pública y son organizaciones semigubernamentales. 32 de ellos pertenecen al Ministerio de Ciencia y Tecnología (MOST), 10 al Ministerio de Comercio, Industria y Energía (MOTIE) y el resto a los otros ministerios relacionados. Dentro de este grupo se destacan el KAIST y el KIST.

## **3.6 Experiencias Internacionales de políticas de Estado para la Formación Profesional del Tecnólogo y la Gestión de Tecnología**

### **Caso del Canadá – Estudio Comparativo con Colombia**

Se hace referencia a todo el entramado institucional canadiense para la Formación Profesional de Trabajadores World Class y para la Gestión de Tecnología en el campo industrial, en la medida que está en la base de apoyo a la actividad de Ingeniería <sup>17</sup>.

El conocimiento del desarrollo canadiense alcanzado en las últimas décadas fue posible gracias al curso “**International Training Program of Management of Technology and Innovation**” en el marco cooperativo institucional entre el Sena, Colciencias y la Simon Fraser

---

<sup>17</sup> “Informe Misión del Sena al Canadá” Dic. 1997 Informe Tecnos- Convenio Sena, Colciencias, Simon Fraser University.

University. Se visitaron 26 instituciones de primer nivel y se asistió a unas 30 conferencias en el marco del Seminario dictado por personal académico de talla internacional.

## Descripción del Programa

El objetivo fundamental del programa ha sido el de fortalecer al Sistema Nacional de Innovación, mediante los conocimientos adquiridos a través de una intensa formación in situ en el campo de la Gestión de Tecnología e Innovación de un grupo escogido de profesionales del Sena adscritos a la Formación Profesional.

Se trata igualmente de incidir mediante estos conocimientos y herramientas en la transformación institucional en algunos vitales frentes de acción como son las formas de la enseñanza y del aprendizaje tecnológicos en términos de las modernas tendencias en uso hoy en día así como de los conceptos nuevos de Asistencia a la Industria.

Se toma como referente la experiencia canadiense pensando en el extraordinario desarrollo que han tenido en este país en el último decenio las herramientas informáticas y telemáticas ocurridas utilizadas para estos propósitos educativos de la moderna fuerza laboral.

Se espera con esto igualmente mejorar la eficiencia en la transferencia de tecnología, impulsar el tema de diseño de productos y procesos, divulgar la filosofía de la innovación en todos los medios del área de influencia del SENA y en lo que hace al sector industrial específicamente de las PYME reducir la brecha en costo y tiempo entre la implantación de la innovación en las empresas y el retorno de la inversión.

Al mismo tiempo con este curso teórico –práctico se busca igualmente convertir la herramienta del correo electrónico en un instrumento eficaz de comunicación en lo local, nacional e internacional para discutir, llegar a consensos, elaborar materiales para la acción así como entrever la posibilidad de producir marcos de fuerte contenido teórico tanto para el desarrollo institucional como para la Formación Tecnológica Profesional.

Todo este esfuerzo se inscribe en el contexto de lo que mundialmente se conoce como Economía del Conocimiento.

El curso se desarrolló en tres ejes:

- 1°. El Conocimiento de las Políticas de Estado y Provinciales en Innovación y Desarrollo Tecnológico a través de la Formación Profesional que tienen como objetivo esencial un Proyecto Educativo Nacional para la Paz y el Trabajo. El estudio detallado de las políticas estatales y provinciales en el entorno tecnológico ocuparon un lugar de privilegio en el contexto del curso y de la misma manera las formas organizativas que se ha dado la sociedad civil canadiense para ser eficaz en el cumplimiento de estos objetivos programáticos. **No se debe olvidar que cada provincia canadiense piensa, diseña y gerencia su propio sistema educativo.** En este sentido lo regional, fue un sujeto de señalamiento permanente muy concreto en el transcurso de las conferencias y seminarios recibidos. Una extensa gama de institutos de desarrollo tecnológico y centros de

formación profesional así como de empresas de innovación e instituciones de investigación aplicada fue objeto de una atención al nivel de detalle.

- 2°. El problema de la formación profesional y de la transferencia de tecnología fue uno de los ejes de mayor importancia por cuanto, como se sabe, el conocimiento se ha convertido en un factor en la producción de bienes y servicios así como las temáticas íntimamente ligadas a ella como son la generación, transmisión y apropiación legítimas del saber tecnológico.

La masiva socialización de esta variable del Conocimiento, implica el uso de nuevas tecnologías basadas en la informática, que trastocan y vuelven obsoletos los métodos tradicionales de la formación profesional y de las cada vez más exigentes demandas de la sociedad civil, el crecimiento exponencial de la población y los problemas institucionales que acarrea la ampliación de la cobertura educativa.

- 3°. Este último eje se dedicó a tratar el problema de la Innovación en los medios tecnológicos industriales. Según Peter Drucker el conocimiento toma cuerpo en dos formas interrelacionadas:
- a. En la productividad, que es conocimiento aplicado eficazmente a procesos, servicios y productos ya existentes.
  - b. En la Innovación que es conocimiento aplicado a lo nuevo.

Los estudios de casos se vuelven elementos claves para el cabal cumplimiento de los objetivos del curso y por lo tanto las PYME de Innovación fueron objeto de especial atención por su relación con el aparato educativo tecnológico.

## **DESARROLLO DEL PROGRAMA**

Se cumplió a cabalidad el extenso, prolijo y excelente programa de trabajo, cuya copia se adjunta y para el que se tuvo especial cuidado de involucrar todos los actores y factores posibles que inciden en una correcta aplicación de políticas públicas en Tecnología.

Esta especial condición permitió observar directamente el impacto social de la formación profesional en tecnologías avanzadas de muy diversos campos reflejadas en el bienestar generalizado de la población.

Se pueden igualmente resaltar tres elementos que hacen a la dinámica del desarrollo canadiense en tecnología:

Un diseño de políticas públicas de formación para el trabajo que sistemáticamente va trasladando la dinámica y la responsabilidad del proceso a la sociedad civil provincial o regional, y va desmontando el carácter de subsidio para que la sociedad expresándose en sus institutos, centros y empresas, tome en sus manos el diseño, negociación y ejecución de los proyectos.

El uso intensivo de las nuevas tecnologías de la información para llegar a todos los segmentos de la población y a las más apartadas regiones del país que sirve al mismo tiempo

como elemento de vertebración en lo simbólico de la unidad nacional, dadas las condiciones de ser Canadá un país de los más extensos de la tierra.

Una política de conexión directa de los programas de formación profesional con el sector industrial y productivo con el objetivo político de producir destrezas en el trabajador canadiense y hacer de él un “WORLD Class Worker”.

Los institutos y centros tecnológicos apoyan explícitamente al Desarrollo Regional como su columna vertebral estratégica y lo hace a través de la investigación aplicada, la transferencia de tecnología y el desarrollo empresarial local.

Se trabaja siempre bajo la filosofía de Proyectos Cooperativos con la mira puesta en los mercados internacionales pero dotados de una extraordinaria flexibilidad en el momento de la acción. La Investigación Aplicada forma parte esencial de los institutos de Formación Profesional desde el inicio de la década de los 90. La idea subyacente y explícita de mercado es vital para hacer más eficientes los derroteros de los centros y es un punto clave en la estructura de la política educativa, científica y tecnológica.

El abundante material de apoyo recibido a lo largo del curso se puede resumir en:

- 1º Tres textos básicos de Teoría de la Innovación, Gestión Tecnológica y Estrategias de Desarrollo para países del tercer mundo.
- 2º. Textos metodológicos de carácter práctico y operativo para afrontar los problemas de asesoría al interior de las empresas así como documentos y trabajos de investigación relativos a la temática del curso y dictados por especialistas de talla internacional.
- 3º. Documentación lujosamente editada de cada centro e instituto tecnológico visitados, cuya lectura atenta da una idea muy precisa de las estrategias y formas de acción en su diario acontecer.

Del conjunto de las empresas que tienen como objetivo central resolver lo grandes problemas de la masificación de la educación en tecnología merecen especial atención las firmas INNOVITECH de la ciudad de Montreal y el Lohnlab Center for Distance Education de la Fraser University en Vancouver. Ambas organizaciones son muy fuertes en los campos de tecnologías de punta para proyectos de innovación educativa masiva con especial énfasis en la tecnológica a distancia.

No se puede soslayar más desde una perspectiva institucional como la des SENA el impacto de las nuevas tecnologías propias de la revolución informática y la obligada inserción de estas en los programas institucionales de ampliación de cobertura.

Desde el punto de vista de la educación no es solo un problema de facilidad de intercomunicación si no que se puede hacer de esta herramienta una poderosa arma para diseñar, discutir y llegar a consensos al interior de la institución de políticas e inversiones en el campo tecnológico. En un futuro no lejano se verá como desde los lugares de trabajo o de la vivienda las nuevas generaciones asumirán las posibilidades que proporciona la Informática para hacerse a una educación más personalizada y complementaria.

## **4. APOORTE DE LA INGENIERIA EN LA POLITICA DE INNOVACION**

La Política de Innovación propició un escenario de integración institucional que ha favorecido el desarrollo y participación de la ingeniería a través de los siguientes instrumentos:

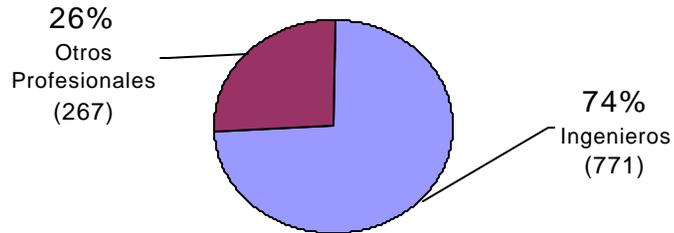
- Proyectos de Innovación y Desarrollo Tecnológico
- Red de Centros Tecnológicos
- Grupos de Investigación
- Consejos de Programas Nacionales de Desarrollo Tecnológico
- Formación de Recursos Humanos (Becarios)
- Programa de Mejoramiento continuo y Gestión Tecnológica
- Programa de Apoyo a las Unidades Exportadoras
- Red Caldas

### **4.1 Participación de Ingenieros en Proyectos de Innovación y Desarrollo Tecnológico 1995 – 1998**

El siguiente análisis sobre la participación de ingenieros en Proyectos de Innovación y Desarrollo Tecnológico está soportado en las estadísticas de proyectos financiados por COLCIENCIAS en esta área en el período 1995 - 1998. Sobre una muestra de 201 proyectos del área de innovación, que representan un 20% del total de proyectos apoyados por COLCIENCIAS en este período, se observan los siguientes resultados respecto a la ingeniería: la participación de ingenieros es del 74% sobre un total de 1038 profesionales participantes en los proyectos, el 16% tiene formación de doctorado, el 22% de magister y el 15% de especialización. Las áreas de ingeniería predominantes en los proyectos son ingeniería mecánica y metalúrgica con el 19%, ingeniería química con el 18% y la ingeniería agrícola y agronomía con 15% y las regiones con mayor participación en los proyectos corresponden al centro del país con 39%, Nor-Occidente 20% y Pacífico 20%. El tipo de innovación presente en estos proyectos es principalmente de procesos (42%), seguida de la innovación en productos (32%) y en menor grado innovación en gestión (17%). En la tabla y gráficos adjuntos se muestra la participación de los ingenieros en proyectos de Innovación y Desarrollo Tecnológico

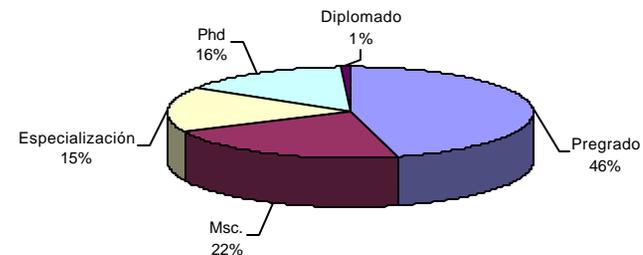


### Participación de Ingenieros en Proyectos de Innovación y Desarrollo Tecnológico, 1995 -1998 (1)



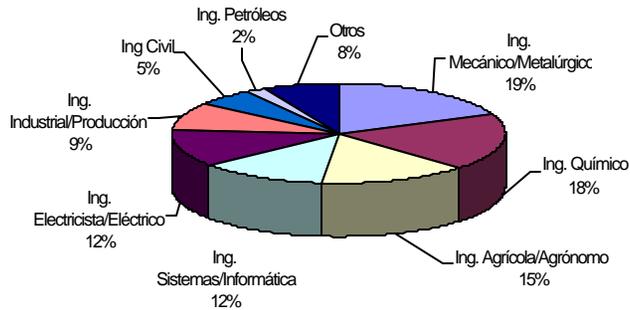
(1) Sobre un total de 1038 investigadores participantes en 201 proyectos ejecutados por empresas, universidades y Centros de Desarrollo Tecnológico.

### Nivel de Formación de los Ingenieros Investigadores Vinculados a Proyectos de Innovación y Desarrollo Tecnológico, 1995-1998 (1)



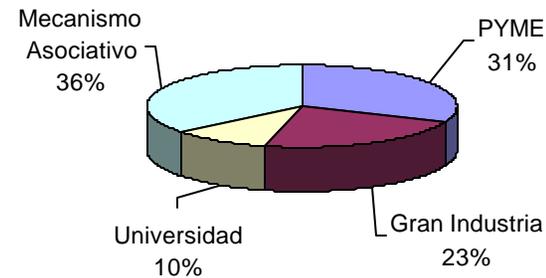
(1) Sobre un Total de 771 Ingenieros y un total de 201 proyectos ejecutados por Empresas, Universidades y Centros de Desarrollo Tecnológico.

### Participación de las Ingenierías en Proyectos de Innovación y Desarrollo Tecnológico, 1995-1998(1)



(1) Sobre un Total de 771 Ingenieros y 201 proyectos ejecutados por Empresas, Universidades y Centros de Desarrollo Tecnológico.

### Participación de Ingenierías en Proyectos de Innovación y Desarrollo Tecnológico según la Entidad Ejecutora, 1995 - 1996 (1)



(1) Sobre un total de 771 ingenieros y 201 proyectos ejecutados por empresas, universidades y Centros de Desarrollo Tecnológico

(1) Fuente: COLCIENCIAS, SPIDE, Santa Fe de Bogotá D.C., Noviembre 5 de 1998



## **4.2 Participación de ingenieros en la Red de Centros Tecnológicos**

Al analizar una muestra de 21 centros de desarrollo tecnológico sobre un total de 34 centros apoyados por COLCIENCIAS bajo la modalidad de capital semilla para el desarrollo institucional, se observa lo siguiente: de un total de 567 profesionales que trabajan en los centros tecnológicos de la muestra, el 22% corresponden a ingenieros, pero un porcentaje más alto, de estos ingenieros (48%), cumplen la función de directores de los centros tecnológicos. Es de anotar que el mayor número de estos ingenieros corresponden a las áreas de ingeniería agrícola (37%) y de ingeniería industrial y de producción (20%).

## **4.3 Grupos de Investigación en Ingeniería**

En la convocatoria de Grupos de Investigación realizada por COLCIENCIAS en 1998 participaron 340 grupos de todas las Áreas de las ciencias, obteniéndose una participación de 73 grupos de ingeniería (21%). De estos grupos, 22 corresponden al centro del país, 19 a la región Nor-Occidental y 16 a Centro Oriente.

## **4.4 Participación de Ingenieros en los Consejos de Programas Nacionales de Desarrollo Tecnológico**

Los ingenieros tienen una alta participación en los Consejos de los cuatro Programas Nacionales del área de Innovación (Industria, Agropecuario, Minería y Energía, y Electrónica, Informática y Telecomunicaciones), el 68% de un total de 37 consejeros en estas áreas son ingenieros. En el Programa de Medio Ambiente participa un ingeniero de nueve miembros.

**Participación de la Ingeniería a través de COLCIENCIAS**

VINCULACIÓN DESCRIPCIÓN		Proyectos de Innovación y Desarrollo Tecnológico (1)		Centros de Desarrollo Tecnológico (2)		Grupos de Investigación (3)		Consejeros (4)		Becarios (5)		Total	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Participación de Ingenieros	Ingenieros	771	74	126	22	73	21	26	58	160	24	1083	47
	Otros Profesionales	267	191	441	78	267	79	19	42	502	76	1229	53
	<b>TOTAL</b>	<b>1038</b>	<b>264.99</b>	<b>567</b>	<b>100</b>	<b>340</b>	<b>100</b>	<b>45</b>	<b>100</b>	<b>662</b>	<b>100</b>	<b>2312</b>	<b>100</b>
	Directores Ing.	140	70	10	48	-	-	-	-	-	-	150	68
	Otros Directores	61	30	11	52	-	-	-	-	-	-	72	32
<b>TOTAL</b>	<b>201</b>	<b>100</b>	<b>21</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>222</b>	<b>100</b>	
Formación Académica	Phd	120	16	10	8	-	-	11	42	138	86	279	26
	Msc	171	22	24	19	-	-	6	23	22	14	223	21
	Espec	117	15	13	10	-	-	2	8	-	-	132	12
	Dipl	7	1	1	1	-	-	-	-	-	-	8	1
	Preg	356	46	78	62	-	-	7	27	-	-	441	41
<b>TOTAL</b>	<b>771</b>	<b>100</b>	<b>126</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>26</b>	<b>100</b>	<b>160</b>	<b>-</b>	<b>1083</b>	<b>100</b>	
Area de Ingeniería	Mecánica / Metalúrgica	146	19	11	9	-	-	4	15	14	9	175	16
	Química	140	18	17	13	-	-	3	12	13	8	173	16
	Agrícola/Aronomía	113	15	46	37	-	-	6	23	5	3	170	16
	Sistemas / Informática	96	12	8	6	-	-	2	8	24	15	130	12
	Electricista / Eléctrica / Electrónica	92	12	8	6	-	-	5	19	30	19	135	12
	Industrial / Producción	71	9	25	20	-	-	2	8	14	9	112	10
	Civil	42	5	1	1	-	-	3	12	21	13	67	6
	Petróleos	13	2	0	0	-	-	0	0	13	8	26	2
	Alimentos	0	0	5	4	-	-	0	0	3	2	8	1
	Otros	58	8	5	4	-	-	1	4	22	14	86	8
<b>TOTAL</b>	<b>771</b>	<b>100</b>	<b>126</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>26</b>	<b>100</b>	<b>160</b>	<b>100</b>	<b>1083</b>	<b>100</b>	
Región	Centro del País	297	39	57	45	22	30	8	31	79	49	441	41
	Nor-Occidente	155	20	16	13	19	26	5	19	32	20	208	19
	Centro-Oriente	107	14	29	23	16	22	5	19	13	8	154	14
	Pacífico	157	20	24	19	9	12	4	15	27	17	212	20
	Costa Atlántica	45	6	-	-	7	10	3	12	9	6	57	5
	Orinoquía	9	1	-	-	-	-	1	4	-	-	10	1
	Amazonía	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0
<b>TOTAL</b>	<b>771</b>	<b>100</b>	<b>126</b>	<b>100</b>	<b>73</b>	<b>100</b>	<b>26</b>	<b>100</b>	<b>160</b>	<b>100</b>	<b>1083</b>	<b>100</b>	
Modalidad de Innovación (6)	Productos	245	32	-	-	-	-	-	-	-	-	245	32
	Gestión	128	17	-	-	-	-	-	-	-	-	128	17
	Procesos	323	42	-	-	-	-	-	-	-	-	323	42
	Servicios	75	10	-	-	-	-	-	-	-	-	75	10
<b>TOTAL</b>	<b>771</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>771</b>	<b>100</b>	
Tamaño (7)	PYME	241	31	-	-	-	-	-	-	-	-	241	31
	Gran Empresa	174	23	-	-	-	-	-	-	-	-	174	23
	Universidad	79	10	-	-	-	-	-	-	-	-	79	10
	Mecanismos Asociativos	277	36	-	-	-	-	-	-	-	-	277	36
<b>TOTAL</b>	<b>771</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>771</b>	<b>100</b>	

Fuente: COLCIENCIAS, SPIDE, Santa Fe de Bogotá D.C., Noviembre 5 de 1998

(1) Sobre un total de 771 ingenieros participantes en 201 proyectos ejecutados por empresas, universidades y Centros de Desarrollo Tecnológico, en el período de 1995-1998

(2) Sobre un muestra de 21 Centros de Desarrollo Tecnológico apoyados por COLCIENCIAS en los que aparecen vinculados 126 ingenieros en los sectores Industrial, Agropecuario, de Servicios, Centros de Productividad e Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica

(3) Sobre un total de 340 Grupos de Investigación, presentados a la Convocatoria de Grupos y Centros de Investigación de COLCIENCIAS, 1998. Esta referencia se hace a grupos por lo que no se incluye en el total de ingenieros.

(4) Sobre un total de 45 consejeros vinculados al sector privado y a las universidades en los Programas de la Subdirección y Desarrollo Empresarial, para el período de 1997-1999

(5) Sobre un total de 863 becarios apoyados por COLCIENCIAS, en el período de 1992-1997, de los cuales 160 corresponden a ingenieros.

(6) - (7) Solo aplica a Proyectos de Innovación y Desarrollo Tecnológico

## 4.5 Participación de Ingenieros en el Programa de Recursos Humanos de COLCIENCIAS

Este Programa de Doctorado y Maestría iniciado en 1992, resulta ser para Colombia, uno de los más importantes desde el punto de vista estratégico. El siguiente listado especifica los lugares de destino y las especialidades exclusivamente de la Ingeniería y de otras áreas cuyos temas están ligados a ella. La gran mayoría de los becarios forma parte del cuerpo de investigación y docencia del sistema educativo universitario. El impacto de este programa se verá en todo su alcance cuando estos doctorandos y los grupos de investigación a los que pertenecen, se entronquen estratégicamente con el sector industrial más afín a su formación de postgrado.

En el quinquenio de 1992 a 1997, se han formado en ingeniería 160 becarios. Considerada en forma global, el 86,5% de la muestra cursa Programas de Doctorado y el 13,5% de Maestría. La distribución es así:

### 1) Por participación en los Programas Nacionales

Desarrollo Tecnológico, Industrial y Calidad	54	34 %
Energía y Minería	27	17 %
Electrónica, Telecomunicaciones, Informática	45	28 %
Ciencias del Medio Ambiente	5	3 %
Ciencias y Tecnologías Agropecuarias	3	2 %
Biotecnología	5	3 %
Ciencias básicas	5	3 %
Ciencias Sociales y Humanas	3	2 %

160 Becarios

### 2) Por países de destino:

Aproximadamente el 32% realiza sus estudios en los Estados Unidos, el 15,6% en Francia e Inglaterra respectivamente, el 12,5% en España, 11% en Colombia y el 7% en Brasil. Los otros países son Italia, Chile, Canadá Suiza, Rusia, Suecia, Escocia, Australia y Bélgica con un 2% de promedio.

### 3) Por afinidades temáticas:

1° Eléctrica, Electrónica, Microelectrónica, Robótica, Automatización, y Telecomunicaciones	(19%)
2° Sistemas, Ciencias de la Computación, Cibernética Informática	(15%)
3° Química, Petróleo, Bioquímica, Investigaciones operacionales	(16%)

4° Mecánica, Metalurgia, Nuevos Materiales, Industrial, Bioingeniería	(17,5%)
5° Civil, Transporte, Hidráulica e Hidrología	(12,5%)
6° Ciencias Básicas, Geofísica, Sísmica y Tratamiento de Señales	( 5%)
7° Energía, Fluidos, Ciencias Térmicas, Medio Ambiental y Salud Pública	( 5%)
8° Ciencias Agrícolas e Ingeniería de Alimentos	( 3,8%)
9° Gerencia de Tecnología y otras	(3,8%)

## 4.6 Participación de Ingenieros en Programas Estratégicos de Competitividad

Actualmente se desarrollan varios Programas Estratégicos de Competitividad con el objetivo de mejorar la posición competitiva de las empresas a través de acciones de impacto rápido en la calidad, productividad, ingeniería de la producción, diseño industrial y mejoramiento continuo.

Entre estos programas, cabe destacar el Programa de Mejoramiento Continuo y Gestión Tecnológica coordinado por la Corporación Calidad y ejecutado por los centros regionales de productividad y las incubadoras utilizando las redes regionales de consultores en campos de la ingeniería y administración. En este Programa participan 170 empresas distribuidas regionalmente, con una participación de 372 ingenieros. Otro Programa Estratégico importante es el Desarrollo Tecnológico en empresas y unidades exportadoras, desarrollado con la participación de COLCIENCIAS-PROEXPORT y la Red de Centros Tecnológicos, bajo la coordinación del Centro de Productividad del Pacífico. En la primera fase se están apoyando 11 empresas de desarrollo de software con participación mayoritaria de ingenieros.

## 4.7 LA RED CALDAS: La diáspora Científica Colombiana en Perspectiva

Para este tema se transcribe un aparte de la presentación del libro: “Hacer Ciencia en un Mundo Globalizado”<sup>18</sup>: “La teoría del actor-red muestra cómo el científico o el Ingeniero constituye una red en la medida en que, a través de él, se cruzan una multiplicidad de aptitudes que actualiza durante su acción y actividad y que, simultáneamente él es un actor en el interior de

---

<sup>18</sup> “Hacer Ciencia en un Mundo Globalizado – La Diáspora Científica Colombiana en Perspectiva” Jorge Charum – Jean Baptiste Meyer. TM Edit. Colciencias U. Nacional Enero 1998.

una red, el grupo de investigación, por ejemplo, donde se inscribe su trabajo en relación con sus colegas, con los instrumentos, los documentos”.

“Estas nuevas evidencias han permitido proponer bajo nuevos términos la movilidad en el campo de la ciencia y, para el caso de los países en desarrollo, la de sus intelectuales, científicos e ingenieros. Así, la migración de aquellos, que hasta hace poco era considerada como una pérdida para los países de origen, es tomada ahora con un nuevo realismo y pensada en su versión contemporánea de movilidad de las competencias científicas, propia de las modalidades de hacer ciencia en la época contemporánea; los desplazamientos de estudiantes son aceptados como respuesta a la necesidad de obtener formaciones incrementadas en las áreas donde las capacidades nacionales no han logrado su pleno desarrollo; las actividades desarrolladas en el campo de la ciencia y las posiciones alcanzadas dentro de los equipos de investigación en los países industrializados son vistas como procesos de inserción dentro de redes investigativas locales, verdadera penetración en las culturas científicas de los países centrales productores de ciencia. Esta apropiación de conocimientos y de experiencias, la construcción de relaciones sociales, cognitivas y sociotécnicas en los lugares de emigración, la participación dentro de equipos de investigadores o de trabajo altamente calificado son entonces consideradas como nuevos elementos que pueden llegar a movilizarse para los propósitos de construcción de una capacidad científica nacional. Diversas propuestas para alcanzar esta movilización se presentan como nuevas opciones de recuperación de competencias científicas dentro de lo que se ha dado en llamar Brain Gain”.<sup>19</sup>

“La Creación de la Red Caldas de los investigadores colombianos en el exterior se ubican dentro de estas nuevas perspectivas de recuperación de las competencias nacionales emigradas y constituye un intento que busca articular la política nacional de Ciencia y Tecnología con los intereses de los intelectuales, científicos e ingenieros colombianos en el exterior”.

Se entenderá la importancia que cobra en relación con este planteamiento de COLCIENCIAS, la estrategia de Formación de Recursos Humanos de alto nivel en el extranjero, que se convierte de hecho en un instrumento de enorme potencial para hacer efectiva la Red Caldas que está aún en proceso de construcción. Para tal efecto se adjunta el listado del país de destino y de las universidades a donde han ido los becarios a iniciar sus estudios de doctorado en el quinquenio 1992 – 1997.(Anexo B)

---

<sup>19</sup> “Turning Barin Drain into Brain Gain: The Colombian experience of the Diaspora Option: J.B. Meyer, J. Charum et al. Orstom Francia.

## **5. PROSPECTIVA DEL DESARROLLO DE LA INGENIERIA EN COLOMBIA**

El futuro de la ingeniería depende de la dinámica en competitividad y crecimiento económico que generen las empresas y los centros tecnológicos y en la transformación del sistema educativo. La prospectiva de las actividades de ingeniería tiene un fuerte componente en el desarrollo regional y en la consolidación de algunas cadenas productivas que incorporarán nuevas tecnologías para su desarrollo sostenible. A continuación se presentan las reflexiones prospectivas de Centros Regionales de Productividad y Centros de Desarrollo Tecnológico que contribuyen a la consolidación de la ingeniería en el largo plazo:

### **5.1 Desarrollo Regional - Corporación Bucaramanga Emprendedora**

La Corporación Bucaramanga Emprendedora – Incubadora de Empresas de Base Tecnológica tiene dentro de su misión y visión corporativa estrechar las relaciones con el sector productivo y con las universidades con fines de implantar desarrollos regionales. Dentro de este marco de acción nuestro centro es antena captadora de cambios estructurales en el manejo de nuevas tecnologías que ordenen la organización de las empresas existentes en su forma de administración, producción y comercialización en una economía globalizada, pero también somos receptores de nuevas oportunidades de negocios de empresas de conocimiento las cuales no existen sino que hay que crearlas.

Es así, que nuestro centro tecnológico-incubadora de empresas de base tecnológica tendrá que evolucionar hacia el año 2003, de acuerdo con nuestra Planeación Corporativa, hacia un Centro Regional de Innovación y Productividad el cual tendrá como funciones: la promoción de la productividad, el desarrollo tecnológico industrial, el desarrollo de la calidad, el desarrollo de la metrología, el desarrollo de servicios de información técnico-económica, el desarrollo de inteligencia de mercados, el monitoreo y la auditoría del cambio tecnológico. La incubación de empresas de base tecnológica será un programa prioritario, de especial atención y de suma importancia dentro de estos nuevos lineamientos de futuro. La integración a redes nacionales, programas nacionales, y redes internacionales es fundamental para el desarrollo de actividades reales y virtuales. El programa de incubación deberá especializarse y ser atendido en segmentos para el logro de grandes impactos, por lo tanto deberá tener: incubación de empresas de base tecnológica, incubación de valor agregado, incubación agroindustrial e incubación internacional.

Nuestra tecnología operará en bien de la especialización y el desarrollo regional buscando tener una impronta propia en consonancia con nuestras ventajas (educación, agroindustria, base tecnológica).

Todos estos esfuerzos irán dirigidos a activar y generar nuevas empresas en los siguientes miniclusters:

**Energía** : segmentada, en primer instancia, al desarrollo de empresas de servicios especializados y aprovechadoras del manejo del gas. Seremos el Galgary (Canadá) o el Huston (USA) en manejo de esta energía. Se cuenta con factores desarrolladores: cercanía al Complejo Industrial del Barrancabermeja; UIS con manejo de doctorado en ingeniería química y especializaciones en gas; Instituto Colombiano del Petróleo y sus fortalezas en el campo energético; creación de las corporaciones para el desarrollo del gas y la petroquímica; la sede operativa de Ecogas y próximas empresas de inversión extranjera en desarrollo del gas. Se tendrá el Corredor Tecnológico Barrancabermeja- Bucaramanga.

**Biotecnología Industrial:** el desarrollo de estas empresas se activarán de acuerdo a la maduración de esfuerzos y creación de capacidades investigativas dadas por la Universidad Industrial de Santander y el Instituto Colombiano del Petróleo. Las áreas de innovación serán las de alimentos y energía.

**Ingeniería del Software** : el desarrollo de empresas especializadas en fabricación de software es prioritario en nuestra región, tal como lo demuestra la construcción de capacidades en la materia. Existen factores aceleradores de este progreso: la creación del Instituto Iberoamericano de Informática(alianza de empresas productivas, la incubadora y la UIS con la Universidad de Valencia y el respectivo instituto de software); la iniciación próxima del doctorado en informática (UIS-España); la presencia y fortaleza de la empresa Sistemas y Computadores; la especialización de Ingeniería del Software (UIS); las capacidades de las carreras de sistemas de las universidades regionales. Bucaramanga puede ser un Bangalore (India).

**Electrónica y Telecomunicaciones:** la rápida generación de conocimiento en la región en estas temáticas es sorprendente. Bucaramanga cuenta con prestigiosas facultades de ingeniería trabajando en estos campos y el ritmo de emprendimientos innovadores son señales de una buena opción industrial para la región.

**Biomedicina** : la región es actualmente líder en la construcción de infraestructura biomédica. Es famoso en el país los servicios ofrecidos por la FOSCAL ( Fundación Carlos Ardila Lulle ), la Fundación Cardiovascular del Oriente, las facultades de medicina y centros de investigación y la creación del Instituto de Biomedicina. Estos desarrollos unidos a los de software y mecatrónica permitirá contar con oportunidades empresariales de excelente calidad.

Estas relaciones centro tecnológico- empresa-universidad y nuevos escenarios de industrialización y especialización obligan a estar permanentemente en contacto con un recurso humano profesional formado actualmente en las universidades, lo cual da la oportunidad de apreciar su desempeño y formación sus fortalezas y sus falencias y confrontarlas con las nuevas exigencias de la ingeniería que exige el cambio económico-tecnológico.

Nuestro recurso humano ingenieril requiere de un cambio de paradigma educativo, repensar su formación actual. Las escuelas de formación básica en ingeniería deberán hacia el futuro centrarse en desarrollar el talento humano con exigencias en las siguientes áreas:

El dominio del idioma del inglés como segunda lengua es crucial en un mundo más comunicado.

El desarrollo del espíritu emprendedor a todo nivel de formación de ingeniería permitirá que las nuevas cohortes ayuden al proceso de industrialización mediante la visualización de nuevas oportunidades de empresas de base tecnológica.

El desarrollo del liderazgo debe ser impartido como contenido metodológico en formación. El despertar de estas vocaciones ayuda a la regionalización trayendo beneficios en el desarrollo social, empresarial y político. El relevo generacional hay que prepararlo.

El desarrollo de la creatividad como tecnología educativa será la fuente para el desarrollo de la innovación.

Simulación y desarrollo de habilidades directivas permitirá al nuevo ingeniero un fácil proceso de adaptación a un nuevo mundo empresarial.

El desarrollo de habilidades en el manejo de sistemas de información ya que el futuro, es bien sabido que todo estará bajo el dominio de redes.

La enseñanza de negocios Internacionales y Mercadeo Internacional ayudaría fuertemente a entender y promover la internacionalización.

La Administración de Tecnología o Gestión de la Tecnología deberá ser una asignatura de enseñanza obligatoria en toda ingeniería.

El desarrollo de trabajo en equipo y forma virtual será una expectativa de gran incremento productivo que debe enseñarse.

La formulación de proyectos y capacidades de ejecución como herramienta de trabajo productivo es necesaria que se induzca como aprendizaje sistemático.

La formación humanística, no todo debe ser tecnología, la importancia del arte y la filosofía ayudan a la integralidad del ingeniero. Conceptos formativos hoy vagos.

La formación ambiental y ecología son prioritarias en cualquier agenda académica.

La formación en técnicas de Administración de la Calidad (ISO, Metrología) debe ser una fortaleza a desarrollar en las nuevas cohortes de ingenieros.

La fuerte formación en la Administración de la Producción bajo nuevas metodologías (Kanban, JIT) simuladas y reales es un énfasis en el ingeniero integral.

El diseño industrial como formación debe tener alto componente de formación físico química, físico mecánica y lo estético.

La formación en mecatrónica, biotecnología, telecomunicaciones, manejo de energía, ciencia de materiales, aeronáutica, ingeniería de software, ingeniería financiera, ingeniería de mercados, petroquímica, ingeniería de calidad, ingeniería de productividad y competitividad, ingeniería de gestión de tecnología, ingeniería ambiental, ingeniería agroindustrial e ingeniería biomédica son nuevos pensamientos a favorecer para el logro de una mejor base tecnológica.

En un corto plazo de tiempo los centros tecnológicos y las incubadoras deben asumir el papel de formación especializada o de incremento de competitividad del recurso humano del sector productivo sectorial, por lo tanto el sistema educativo y la universidad deben aceptar que los centros y las empresas desarrollen su propio currículo (dar títulos) y estas capacitaciones ser aceptadas en equivalencias por las universidades hacia la extensión de ciclos más largos de formación. La formación virtual (telemática) tomará gran auge.

La universidad debe incrementar los programas de doctorado y los candidatos a ellos. Lo anterior redundará en creación de nuevas oportunidades de negocios, si se acepta que el mencionado título no es necesariamente un pasaporte para la vida académica, estos esfuerzos deberán combinar las habilidades empíricas de científicos e ingenieros con las habilidades gerenciales de otros individuos que tengan experiencia en sector privado.

## **5.2 Visión de futuro del desarrollo de la ingeniería - Centro Regional de Productividad del Tolima**

Los desarrollos en ingeniería en el Tolima deberían tener en cuenta:

- Ante todo: un conocimiento riguroso del contexto, de los gravísimos problemas de desempleo y pobreza. Todos los desarrollos de ingeniería deberían apuntar a aumentar las capacidades y el bienestar de los habitantes de las regiones, antes que el desarrollo tecnológico per se.
- Agrupamiento por cadenas productivas de los sectores promisorios- trabajo por cluster – y fortalecimiento de las potencialidades preexistentes para aumentar su competitividad. En el caso en el Tolima: algodón - textil – confección, agroindustria.
- Apoyo a la generación Centros de Investigación y Desarrollo para las cadenas productivas, a partir de los cuales se obtengan procesos nuevos o mejoras a procesos ya existentes.
- Investigación en innovación en el diseño y desarrollo de productos, privilegiando aquellos desarrollos tecnológicos en el aprovechamiento de los llamados subproductos y desechos de producción” como generadores de nuevos actores en las cadenas productivas, que ataquen el alto índice de desempleo del Departamento y disminuyan el impacto al ambiente.
- Aprovechamiento de los desechos como fuentes generadoras de energías alternativas.
- Montaje de Sistemas integrados de información.
- Globalización de mercados.
- Aplicación de Sistemas de Gestión, con un enfoque sistémico que integre el concepto de calidad tanto del producto, del proceso, como del ambiente, orientado a la certificación de las

organizaciones mediante la aplicación de las normas ISO y a la mejora de la competitividad del sector o cadena productiva a la que pertenecen.

- Transferencia tecnológica en la aplicación de ecoeficiencia y producción limpia.
- Trabajo en la búsqueda de la cultura de respeto medio ambiente.

Para todo ello es fundamental plantear una visión en la formación del ingeniero del Tolima, más empapado de los problemas regionales y más sensible hacia el futuro de sus coterráneos.

### **5.3 Sector Bioindustrial - BIOTEC**

La Bioindustria se entiende como la transformación industrial a partir de recursos biológicos. Incluye este sector la agricultura y la agroindustria pero también incluye otras cadenas productivas, principalmente basadas en microorganismos.

Este sector basa su innovación, fundamentalmente en el uso de las biotecnologías. Corporación Biotec ha identificado 10 cadenas productivas bioindustriales en la Región Pacífico colombiana, como parte de este sector.

Ha concertado al respecto una Agenda de Innovación, con un trabajo interdisciplinario y asociativo, enfocado a conformar un cluster altamente competitivo.

La ingeniería a este respecto será especialmente demandada en el escalamiento de procesos biológicos, pero también en la definición de nuevos procesos, de producción limpia, de uso eficiente de energía, de nuevos controles e instrumentación, de manejo de normas extremadamente estrictas tanto de calidad, como de control ambiental. (ISO 9000 e ISO 14000). Tanto los aspectos de rendimiento como de calidad y conformidad ambiental, son conceptos nuevos que deben ser involucrados en las ingenierías.

La bioseguridad será otro aspecto clave a involucrar, donde los ingenieros deberán familiarizarse con procesos biológicos. De hecho, tanto los ingenieros químicos como los ingenieros bioquímicos, comienzan a ser los más directos involucrados en la producción biotecnológica.

### **5.4 Agroindustria y Tecnología de Alimentos - CENTIA**

#### ***1. El entorno y su efecto en la cadena agroindustrial de alimentos***

La era post – industrial y la globalización económica y cultural han causado y seguirán causando un profundo cambio en el desarrollo empresarial y organizacional de la industria de alimentos y de los componentes que se articulan con ella para conformar la cadena agroindustrial alimentaria.

El sector agropecuario ha sido fuertemente golpeado en ese contexto y su reactivación no se vislumbra a corto plazo, considerando que esta solo será posible en un trabajo conjunto de actores públicos y privados, bajo un escenario de concordia nacional y de asignación de recursos para el campo, en lo posible, focalizada en rubros que han demostrado tener una mejor competitividad (cultivos permanentes y frutales) y con una concepción de cadena.

En el sector industrial se ha dado una desarticulación con el primario y buena parte de la fortaleza de las grandes empresas se ha establecido en su sistema de ventas y distribución, más que en su conocimiento tecnológico. Esto genera nuevas demandas en las capacidades del recurso humano en aspectos tales como organización y desarrollo de proveedores, diseño y puesta en marcha de sistemas modernos de almacenamiento, transporte, empaque y demás temas relacionados con la logística; así como la aplicación de métodos de gestión de la calidad.

En el sector servicios se han dado los mejores desarrollos recientes en la cadena y es el componente que más demanda ingenieros en la actualidad, con características especiales en lo que tiene que ver con la concepción de los servicios, la atención al cliente y la calidad.

## **2. Reciente desarrollo**

Producto de los cambios en el entorno y su efecto global en la cadena industrial agroalimentaria, la evolución reciente de la industria de alimentos, se puede caracterizar con los siguientes elementos:

- Continua siendo el sector que más contribuye al PIB manufacturero y el que más genera empleo industrial, manteniendo los niveles de participación de
- Comienzos de la década, lo que no es sólo muestra de la dinámica propia, sino del relativo desarrollo de otros sectores.
- Su articulación con los mercados internacionales sigue siendo muy baja. El índice de penetración de las importaciones aumentó notoriamente en la última década, sin llegar a superar el 5.0% del consumo total. Por su parte, el índice de competitividad de las exportaciones ha disminuido. El total de la balanza comercial ha aumentado su déficit.
- Se ha presentado una gran dinámica en las negociaciones empresariales, a través de la suscripción de alianzas estratégicas a nivel de las principales empresas y de inversiones tanto de organizaciones colombianas en el exterior (principalmente Venezuela, Ecuador y Centroamérica), como de internacionales en Colombia (Venezuela y Estados Unidos, principalmente).
- Esta misma dinámica se da a nivel de las empresas transnacionales que con su concepción ampliada del elemento “país”; en unos casos han cerrado operaciones para atender el mercado

colombiano desde filiales localizadas en otros países de la región andina y en otros, han ampliado las plantas instaladas en el país, para cubrir desde aquí mercados vecinos.

- A nivel de subsectores hay comportamientos especiales:
  - ◆ El subsector de bebidas, incluyendo en este aguas, gaseosas y jugos, ha sido el más dinámico de la década.
  - ◆ La innovación, medida en cantidad de nuevos procesos aplicados y nuevos productos lanzados al mercado, presenta su mayor intensidad en el subsector de lácteos (leches de larga duración, bebidas acidificadas tipo yoghurt, postres, productos dietéticos y de alta digestibilidad).
  - ◆ Recuperación del nivel de autoabastecimiento, se presenta de manera destacada en el subsector de aceites y grasas comestibles, producto del comportamiento de la palma aceitera y de la articulación que se ha alcanzado en este rubro.
  - ◆ La pequeña y la microempresa, siguen representado los tipos de organización más importantes desde el punto de vista de empleo y de distribución de ingresos. Se presenta una gran mortalidad en esta clase de unidades empresariales, con deficiencias tecnológicas, de administración de negocios y de crédito.

### ***3. Demandas Tecnológicas***

Es notorio el interés por tecnologías transversales. Un reciente sondeo realizado por CENTIA en una muestra de empresas, señala a las siguientes, como las tecnologías que el sector empresarial considera de mayor importancia para aplicar esfuerzos de investigación, desarrollo e innovación:

- Empaques aplicados a las condiciones específicas de los mercados, con los menores costos y la mayor eficiencia.
- Procesos enzimáticos
- Manejo de ingredientes y aditivos
- Manejo del frío: producción, conservación y manejo de bienes refrigerados y congelados.
- Control automatizado de procesos
- Gestión de calidad
- Mejoramiento de productividad
- Atmósferas controladas.

## 5.5 Gestión de tecnología en la ingeniería - CIDETEXCO

CIDETEXCO ha implementado programas de capacitación, orientados a la formación en áreas en las que se han detectado deficiencias como la gestión de tecnología, de calidad, ambiental, de recursos humanos, de mercadeo, de nuevas tecnologías y de la información.

Aspectos como el manejo de recursos humanos y el entendimiento de factores sociales, económicos y ambientales es deficiente, al igual que la capacidad de formular proyectos de desarrollo tecnológico, la capacidad de dirigir experimentos, la capacidad de trabajo en equipo y la capacidad de transmitir información y conocimientos.

Es importante que los trabajos que se realizan en la universidad, se orienten a necesidades de las empresas y no a la realización de investigaciones que difícilmente se pueden aplicar en el sector industrial. Estos trabajos deben contener un alto grado de innovación y desarrollo tecnológico, para lo cual se debe preparar a los estudiantes en temas como gestión de tecnología y gerencia de proyectos.

El siguiente cuadro resume aspectos que se necesitan reforzar en la formación de ingenieros

<i>Area tecnológica de desarrollo</i>	<i>Area de conocimiento a reforzar</i>
1. Formulación de proyectos	1. Gestión de tecnología y gerencia de proyectos
2. Formulación de cambios en productos y procesos	2. Diseño de experimentos
3. Habilidades de comunicación	3. Técnicas de redacción y de comunicación
4. Integrar fenómenos a procesos integrales de empresa	4. Fundamentos económicos y sociológicos
5. Manejo de personal	5. Gestión de recursos humanos

## 5.6 Desarrollo de la ingeniería - CDT Metalmecánico

El estado actual del desarrollo y avance de la ingeniería en Colombia podría calificarse como **desigual y errático**.

Desigual, porque existen en el país algunos puntos focalizados en algunos ingenieros, universidades y grupos de investigación que tienen un nivel de conocimientos que está en la frontera del conocimiento mundial. De otro lado, el ingeniero medio, quien es el responsable de aplicar estos conocimientos a procesos sociales de generación de riqueza (industria, construcción, consultoría) difícilmente posee y accede a tales niveles de conocimiento.

Estas asimetrías en el desarrollo han repercutido directamente en el sector productivo, en donde, de manera clara, generan desarrollos desiguales en la capacidad tecnológica del aparato productivo nacional. A manera de ejemplo, al interior de una misma compañía, se encuentra tecnologías de punta y altos niveles de productividad en algunos procesos, mientras que en algunas otras áreas, el estado tecnológico corresponde a prácticas de principio del siglo.

La otra característica actual del desarrollo de la ingeniería en Colombia es que ha sido completamente errático. Su avance no corresponde a planes estratégicos de desarrollo nacional, en los que se impulse su desarrollo en sectores de vital necesidad para el país. La creación de nuevas facultades de ingeniería ha sido el resultado de iniciativas particulares de las universidades, sin que ello responda a “proyectos de país” con clara visión de estados deseables futuros.

Por lo tanto, en nuestra opinión, las acciones que deberían tomarse para consolidar un desarrollo armónico de la ingeniería en el país, son dos:

1. Lograr una nivelación en el nivel de conocimientos de los ingenieros graduados por medio de iniciativas agresivas de “reciclaje de conocimientos” en actividades de educación continuada. Lamentablemente, nuestros ingenieros escasamente vuelven a estudiar una vez obtienen su grado básico.
2. Identificar y fortalecer las áreas de la ingeniería que respondan a las ventajas competitivas que tiene el país para lograr estados de desarrollo sostenido.

Específicamente en el sector metalmecánico es urgente difundir ampliamente los conocimientos básicos de la ingeniería en los campos de producción, mecánica y metalurgia. Nótese que no se habla de grandes innovaciones o investigación (sin demeritar su vital importancia) sino de que se apliquen con rigor científico los conocimientos generales y básicos

de estas profesiones. En nuestra opinión, los ingenieros colombianos los aplican muy poco en el sector productivo y al llegar a este, mas bien se convierten en administradores del statu-quo.

## 5.7 Aplicaciones de la Ingeniería en la Acuicultura - CENIACUA.

La acuicultura aplica y demanda sistemas de ingeniería en las siguientes áreas de su actividad:

- ~ **Obras civiles:** Diseño, construcción de canales conductores de aguas, las cuáles se realizan en tierra, aguas superficiales o profundas, diseño, construcción y operación de los estanques de cultivo, puertas y compuertas de entrada y salida de aguas, sistemas de cosecha de productos, sistemas de procesamiento, congelación y transporte de productos.

Existen sistemas de cultivo intensivos, extensivos y semi-intensivos que requieren de diferentes especificaciones en su estructura. Así mismo hay obras realizables en tierra, o en aguas y se utilizan en sistemas flotantes. También se realizan construcciones en concreto o materiales duros como los plásticos, ofreciendo múltiples alternativas innovadoras que propondrían soluciones a problemas como lo son los originados por los tipos de suelos en los que se debe trabajar, (bajitales, salitrales, arenosos, etc.). Se requieren soluciones para manejo de sedimentación y otros problemas de tipo orgánico, químico y biológico surgidos en los cultivos.

- ~ **Obras hidráulicas:** Diseño y construcción de sistemas para la el movimiento de las aguas utilizadas en la acuicultura. Equipos de bombeo, toma y salida de los canales reservorios, repartición y riego de aguas, recirculación de aguas, equipos de filtración de aguas, entre otros. Se requieren sistemas para mejorar eficiencias en los flujos de agua y en el manejo de la misma mediante los cuáles se incrementen las calidades, los niveles de oxígeno, se modifiquen las temperaturas y se puedan aprovechar nuevamente a través de la recirculación o filtros. También se aplica en equipos de lavado y congelado de los productos. Se requieren equipos de menor costo económico y de características menos complejas, de menor tamaño y mayor simplicidad. Se requieren equipos y sistemas de fabricación, reparación y mantenimiento especializados.

- ~ **Ingeniería Ambiental:** Una de las actividades fundamentales de la acuicultura es la relación y manejo del Medio Ambiente. La única forma con la cuál se podrá desarrollar la acuicultura es mediante la producción limpia que garantice los sistemas eco - sostenibles. La política y las normas ambientales imponen severas estrategias y diseños de modelos ambientales con los que se eviten los impactos o deterioros y se restablezcan las condiciones. La acuicultura debe armonizar y aprovechar el recurso natural (aguas, manglares, suelos y especies vivas), dentro de unas condiciones extremas de manejo, las cuáles determinan, el éxito y la viabilidad. Sistemas de manejo ambiental, incluidos los

establecidos por las normas ISO y las de Controles Críticos de calidad, HACCP, son objeto del diseño de metodologías de trabajo en los que la ingeniería debe participar.

- ~ **Ingeniería de Alimentos:** Diseño y formulación de dietas específicas. Existe gran variedad de especies cultivados y cultivables que deben ser objeto de una alimentación adecuada, atendiendo sus requerimientos de proteínas, aminoácidos, vitaminas, etc. Cada especie requiere de una dieta formulada según sus características naturales, existiendo especies que son carnívoros demandantes de proteína animal y otros herbívoros que tienen requerimientos y hábitos alimenticios diferentes. Es muy poca la investigación realizada para utilizar diferentes insumos agropecuarios y sustituir utilización de otros muchos de altos costos y de gran escasez, como lo son actualmente la harina de pescado y la artemia salina, básicos en la dieta de especies pesqueras.

Por otro lado, el alimento es el principal insumo para la obtención de una adecuada producción, ocasionando elevados costos, (hasta del 60-70% en algunas especies), y bajas eficiencias o conversiones. En este campo existen tecnologías para la formulación y de fabricación de alimentos balanceados, las cuáles aplican pocas empresas, principalmente las multinacionales, pero que no resuelven todas las necesidades de calidad, eficiencia y costos.

El campo de investigación en la ingeniería de alimentos para la acuicultura es amplio y cuenta con un mercado nacional y mundial de inmensas proporciones. Las investigaciones en nutrición y en el manejo de los alimentos en campo, tales como fórmulas peletizadas con adecuada duración y estabilidad, con escasos desperdicios, de bajo impacto ambiental, entre otros, son temas que para CENIACUA presentan gran interés y serían de gran utilidad.

En esta área, CENIACUA ha iniciado la investigación sobre la nutrición de los reproductores, encaminada a enriquecer dietas actuales y a sustituir insumos como la artemia salina y los poliquetos, fundamentales para la alimentación y el desempeño de los animales como reproductores.

- ~ **Ingeniería Genética:** Esta ciencia es fundamental para el desarrollo de la acuicultura, por la constituir la mejor alternativa de mejorar las características de las especies. Esta disciplina tiene en acuicultura tanta proyección como la tiene en aves, porcinos, vacunos y humanos.

La genética se requiere en Acuicultura para desarrollar resistencias a las múltiples enfermedades a las que son susceptibles los animales, para crear mayores tasas de crecimiento y de engorde, reduciendo tiempos y costos de producción para mejorar las condiciones de adaptación al medio artificial, etc.

Para atender las necesidades del sector, CENIACUA ha iniciado un proyecto de investigación y desarrollo genético mediante el cuál se buscan mejoras en la sobrevivencia y en el crecimiento, adaptando tecnologías de reproducción en sistemas de ciclo cerrado de otras especies acuícolas. Este proyecto aplica los principios de selección familiar e individual de camarón, mediante los cruces selectivos, buscando obtener una

variedad del camarón domesticada en Colombia. La tecnología en desarrollo se transfiere y aplica a las empresas camaricultoras, dotándolas de un moderno y eficiente sistema tecnológico de reproducción.

El Programa de Investigaciones Genéticas en el camarón, incluye la investigación de los genes determinantes de características propias a través de la utilización de marcadores moleculares y de la utilización de los microsátélites. De igual forma se investigan las técnicas de la criopreservación del semen de camarones para ser utilizados como banco de semilla y aplicar la selección genética. Este campo es nuevo en la acuicultura y ofrece múltiples aspectos a investigar y desarrollar. Los conocimientos y técnicas serán de utilidad para ser transferidos a otros desarrollos acuícolas, como peces y moluscos, con importantes desarrollos a nivel mundial. Colombia no tiene profesionales genetistas en esta área de la acuicultura debiendo iniciar su capacitación y preparación en el exterior.

- ~ **Ingeniería industrial:** Los métodos de reproducción, cultivo, cosecha y procesamiento, control de calidad, empaque, transporte, etc., han sido objeto de poco desarrollo de la ingeniería industrial y pueden ser objeto de importantes investigaciones que favorezcan la operación industrial.
- ~ **Ingeniería Química y farmacéutica:** estas disciplinas son de gran utilización y poco desarrollo específico en la acuicultura. El manejo de aguas, suelos, nutrientes, sedimentos, contaminantes, etc, deben ser atendidos a nivel de tratamientos y soluciones adecuadas en procura de un comportamiento del sistema productivo relacionado con el animal y los factores ambientales. Igual se predica de la farmacéutica, que de forma similar a las otras especies vivas, requieren la implementación de tratamientos médicos y soluciones para multitud de enfermedades bacterianas y vírales. En este campo la actividad requiere de investigaciones sobre sistemas de producción y usos de probióticos.

Estas áreas de ingeniería se requieren tanto en el país como en el resto del mundo. Pues deben desarrollarse aspectos biológicos relacionados con la infraestructura y el equipamiento, con el diseño de instalaciones de cultivos y de producción de semilla, tanto para especies marinas como continentales, apoyados en sistemas económicos, estadísticos y tecnologías de nutrición y reproducción. Para ello se deben instrumentar políticas gubernamentales que fomenten la actividad y apoyen la generación de tecnologías modernas y pertinentes, necesarias para que las empresas evolucionen en igual forma y con similar rapidez a las de otros países industrializados.

## **5.8 Compromiso de la educación superior con la formación de Ingenieros - Incubadora de Empresas de Base Tecnológica de Antioquia**

- a. Es necesario pulverizar la cultura de aversión al fracaso. No es posible formar individuos creativos y productivos en medio de una condena latente(casi siempre a niveles inaceptables) por sus fracasos. Si bien en nuestra sociedad todo está predisposto para

condenar a los fracasados, desde la legislación hasta la educación, muy conveniente sería abordar las bondades de capitalizar los fracasos como un serio activo en el desempeño profesional. Hasta me atrevo a proponer un Seminario que en uso de interesantes experiencias de fracasos empresariales o de investigaciones, evidencie consecuentes éxitos y sendas ganadoras.

- b. La formación del Ingeniero tiene que establecer, en la mis moderna de sus consideraciones una permanente culturización del individuo por el Proyecto. Es bien decepcionante la poca y a veces nula capacidad de los ingenieros (por no decir de los profesionales en general) de poner en términos concisos la idea de un desempeño o actuación. La modernidad exige a los individuos una permanente planeación y consideración del porvenir, en su vida privada y profesional. formular proyectos debería ser una tecnología transversal en toda la carrera de Ingeniería, desde el primer día hasta el último. Es sorprendente, en el peor de los sentidos, la ausencia de miradas globales de nuestros estudiantes y profesores de Ingeniería en el abordaje de sus aprendizajes y tareas, como consecuencia seria de la reducida apertura en la educación Colombiana y su evidente retraso de las continuadas olas de nuevos conocimientos e innovaciones. No Hay diferencia entre formular proyectos y darle valor agregado a la información *global*, para construir conocimiento competitivo.
- c. Considero pertinente proponer una política de Estado al respecto de la relación Universidad-Empresa. Creo en la importancia de dar un primer paso en el sentido de implementar las prácticas profesionales en las empresas. Deben habilitarse procesos en las pequeñas empresas que permitan el involucramiento de estudiantes universitarios o de tecnológicos, especialmente en las áreas de Ingeniería. Tiene que privilegiarse un modelo de intercambio de experiencias entre las tecnologías dominadas y apropiadas y las nuevas tecnologías, donde los estudiantes sean el elemento que *llevo y trae*.

## 6. PROPUESTAS PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN INGENIERÍA

“Where is the **Wisdom** we have lost in **Knowledge**?”

“Where is the **Knowledge** we have lost in **Information**?”

T, S. Elliot. Premio Nobel 1948

### 6.1 Introducción

El fenómeno de la Apertura Económica, por las consecuencias inmediatas que de todo orden trajo a la vida nacional, ha ocupado los espacios de la atención política y económica del país en la última década y ha afectado en Colombia, significativa e irreversiblemente, la forma de percibir el futuro.

Y desde luego a partir de esta decisión tomada, se puede afirmar que **el futuro hoy en día no se percibe tal como era antes** pues la incertidumbre es muy alta. La Apertura, sujeto permanente de controversia pública, ha significado también cambios sustanciales en algunas instituciones del estado y del sector productivo y la universidad.

A partir de la sanción de la ley de Ciencia y Tecnología, en 1990 se ha establecido un nuevo orden institucional que propicia una mayor dinámica e integración entre todos sus actores.

En este contexto general, la Tecnología está imbricada en todo el sensible entramado de las fuerzas productivas. La Ingeniería expresa las formas más auténticas, refinadas y emblemáticas del desarrollo tecnológico, es su agente privilegiado y el más apropiado medio para impulsar el desarrollo pleno de las potencialidades del país.

### 6.2 La Ingeniería y la Agenda para la Colombia del Siglo XXI

Las tendencias internacionales que rodean a la ingeniería, consustanciales con el futuro de Colombia, tienen como referencia básica la estrategia planteada por COLCIENCIAS “Conocimiento, Innovación y Construcción de Sociedad – Una agenda para la Colombia del

Siglo XXI”<sup>20</sup> que propone una guía teórica y consistente y se constituye, a la vez, en un plan de prospectiva para el país.

Como se desprende de su contenido, esta agenda de trabajo para los tiempos venideros, contempla diez estrategias sostenidas todas ellas en dos pilares que signan, hoy por hoy, el crecimiento económico y ético de una nación, en el camino de su inserción en el concierto de las sociedades modernas: Se trata de sentar las bases para crear una **Sociedad de la Información** con capacidad para evolucionar hacia una **Sociedad del Conocimiento**.

Y es aquí donde la palabra de T.S. Elliot plantea las preguntas radicales de los tiempos nuevos, a las que se debe responder, recorriendo en sentido inverso su interrogación: Hagamos del Mundo de la **Información** una opción inteligible para rescatar el **Conocimiento** y con él, una forma de tener acceso a la **Sabiduría** para buscar la transformación social de la nación, y responder con cordura a los interrogantes que enfrentan las actuales generaciones.

Se trata de pensar con estas herramientas dos temas claves del futuro de la ingeniería nacional: a) la naturaleza y estructura de las nuevas empresas y b) el papel de las regiones colombianas, tomadas estas últimas en su condición de cercanía y/o de complementariedad. Dentro de las diez estrategias propuestas en el mencionado documento, se destacan dos en especial, por la pertinencia al problema de la ingeniería:

- 1) **Innovación, Competitividad y Desarrollo Empresarial.** La empresa del Siglo XXI será la del Conocimiento dado que convergen en ella vía la Ingeniería Informática, la complejidad de los modelos de gestión y de organización del trabajo, los procesos de automatización y robotización de la producción y, especialmente, las nuevas tendencias en la formación continuada de sus recursos humanos.
- 2) **Territorialidad, Regiones y Ciudades.** Desde un enfoque cultural, se requieren para estos entornos para apoyarse en las posibilidades que brindan los desarrollos de la ciencia y la tecnología. El reordenamiento regional se basa en las nuevas formas organizativas de unidades regionales con racionalidades económicas complementarias, que se puedan convertir en factores fundamentales de las transacciones internacionales de Colombia.

Puede imaginarse, fácilmente, el papel de la ingeniería nacional, por ejemplo en la construcción de obras de infraestructura vial y transporte masivo para regiones integradas del Cauca, Valle, Caldas, Risaralda, Quindío, Antioquia, etc.

---

<sup>20</sup> Chaparro, Fernando. Opcit.

## **6.3 Bases de un Programa de Trabajo para el desarrollo de la Ingeniería**

La ingeniería requiere ante todo de un escenario general de apoyo a la investigación e innovación en el país. Por esta razón, la propuesta de política hacia el futuro es la consolidación del Sistema Nacional de Innovación, que fue gestado por el sector público y privado a partir de 1994. La ingeniería y los ingenieros han participado activamente en las acciones del Sistema Nacional de Innovación por su enorme relación con los programas y actividades desarrollados en los sectores, regiones y centros tecnológicos.

Las nuevas orientaciones de la Política de Innovación y Desarrollo Tecnológico abren grandes perspectivas al desarrollo de la Ingeniería. Las estrategias básicas de una propuesta para el desarrollo de la ingeniería guardan estrecha relación con las siguientes áreas:

### **a) Programas Estratégicos de Innovación y Desarrollo Tecnológico orientados al fomento de las exportaciones, el desarrollo social, el empleo y la sostenibilidad del medio ambiente**

“Los Programas Estratégicos son un conjunto de proyectos y acciones anticipativas y prospectivas en innovación y desarrollo tecnológico, orientadas a la creación de ventajas competitivas sostenibles del país, con la participación concertada del sector público y privado. El objetivo de los Programas Estratégicos es la identificación de nuevas oportunidades de inversión y desarrollo empresarial, que contribuyan a la generación de empleo calificado y la apropiación de tecnologías avanzadas fundamentales en el fortalecimiento de la vocación estratégica productiva del país a largo plazo”. Alrededor de las temáticas de los Programas Estratégicos se construyen las redes de innovación, que en un alto porcentaje corresponden a redes de ingeniería.

Los siguientes son los Programas estratégicos propuestos en el marco de la nueva política del área de Innovación:

- Programas en Cadenas Exportadoras (Artes Gráficas, Textiles y Confecciones, Minería, Joyería y Piedras Preciosas, Flores y Agroindustria, Industria del Software, y otros)
- Programas en Cadenas con Impacto Social (Salud, Educación, Recreación y Deporte)
- Programas relacionados con el desarrollo sostenible y el uso racional de los recursos naturales (Industrialización del agua, desarrollo de los recursos forestales, aprovechamiento de la biodiversidad y cadena productiva del Ecoturismo).
- Programas en áreas que impulsen la creación y consolidación de empresas en nuevas tecnologías, generadoras de empleo altamente calificado, en especial, biotecnología, informática y software, electrónica, nuevos materiales, química fina, telecomunicaciones, energía y bienes de capital.

- Programas de fortalecimiento de obras de infraestructura física, telecomunicaciones, carreteras, puentes, aeropuertos, puertos, transporte y otras.
- Programas de Cultura Empresarial, Mejoramiento Continuo y Gestión Tecnológica en las regiones

## **b) Internacionalización desde las regiones**

La competitividad internacional de los sectores productivos se construye desde el ámbito regional. En los espacios regionales se descubren las verdaderas vocaciones de los profesionales y trabajadores, y de la comunidad en general, creando una base social y cultural, sobre la cual se desarrolla el armazón institucional para la especialización estratégica en “clusters” y redes empresariales y científicos.

Este nuevo enfoque de la regionalización reconoce las particularidades históricas y sociológicas de cada región, que se traducen en patrones de liderazgo diferenciado, pero la riqueza y variedad de valores y estilos, trasciende la visión de tendencia al encerramiento, por la búsqueda de una imagen internacional que colme las expectativas de los estamentos locales sin necesidad de deteriorar su cultura. El mecanismo organizacional para canalizar las energías y esfuerzos regionales en esta dirección se conoce como “Sistemas Regionales de Innovación”, a través de los cuales se potencia la interacción institucional en investigación, aprendizaje y aplicación del conocimiento. La ingeniería requiere de contexto para su desarrollo, y este espacio socio-económico se activa por un cambio en las políticas de regionalización de ciencia y tecnología, orientadas a dinamizar los procesos de innovación mediante una alianza de los sectores público y privado, los centros tecnológicos, la universidad y el SENA, los entes territoriales, cámaras de comercio, gremios y sindicatos. Algunos elementos de la nueva estrategia de organización de Sistemas Regionales de Innovación, que coadyuvan al despegue de la ingeniería, son los siguientes:

- Establecimiento de Centros Regionales de Productividad e Innovación
- Apoyo a clusters empresariales regionales
- Creación de empresas de base tecnológica
- Fomento del empleo calificado
- Participación en Fondos de Capital de Riesgo
- Capacitación en Gestión Tecnológica
- Operación de redes regionales de consultores en innovación y calidad

### **c) Consolidación de la Red de Centros Tecnológicos Empresariales**

Los Centros Tecnológicos Empresariales son los pilares del Sistema Nacional de Innovación y constituyen el acervo más importante en conocimiento de un país. COLCIENCIAS ha dado apoyo a 34 centros tecnológicos sectoriales, regionales e incubadoras de empresas, mediante capital semilla para el desarrollo institucional y financiamiento de proyectos de innovación y desarrollo tecnológico.

Los Centros Tecnológicos son organismos de desarrollo de la ingeniería y de realización creativa de los ingenieros integrados a grupos multidisciplinarios. Buen número de estos Centros se encuentran apenas en la fase de gestación y de aprendizaje, por lo tanto lo importante de resaltar es su cultura de compromiso empresarial, su gestión flexible y dinámica, su modelo virtual integrado a redes y capacidades existentes dentro y fuera del país, su principio de sostenibilidad basado en la calidad del servicio y los costos fijos bajos, la motivación y liderazgo de su personal, el desarrollo de una cartera de proyectos que guarda un equilibrio entre la demanda de las empresas y los proyectos de más largo plazo y el impacto en el mejoramiento de la productividad y competitividad que se persigue con sus actividades.

El futuro de la investigación e innovación en ingeniería depende fuertemente del desarrollo institucional de la Red de Centros Tecnológicos y del éxito en las políticas de su sostenibilidad. Los programas de ingeniería deben movilizarse en apoyo y mayor participación en esta Red. Una medida en estudio en COLCIENCIAS es la de canalizar un porcentaje de las utilidades que alcancen las empresas beneficiarias del Incentivo a la Innovación y de la Cofinanciación hacia fondos patrimoniales de los CDTs.

### **d) Articulación de fuentes de financiamiento de la investigación y la innovación**

El programa de ajuste de la economía impuesto por el Gobierno, como respuesta a la grave crisis fiscal, hace improbable la dependencia permanente del presupuesto nacional como fuente casi exclusiva de recursos para ciencia y tecnología. La nueva estrategia respecto al financiamiento de los programas e instrumentos del Sistema Nacional de Innovación se encuentra en estudio por el nuevo Gobierno, y algunos de los elementos orientadores corresponden a la articulación y potenciación de diferentes fuentes públicas y privadas comprometidas con el desarrollo tecnológico.

Es necesario que se estructuren uno o varios mecanismos de financiamiento del desarrollo tecnológico como parte de una nueva institucionalidad para el fomento de la investigación y la innovación del Estado colombiano en alianza con los sectores privados. Dentro del nuevo escenario, el SENA y COLCIENCIAS deberán operacionalizar la articulación del Sistema de Formación Profesional con el Sistema Nacional de Innovación. Además de una alianza entre el SENA y COLCIENCIAS, el área de comercio exterior reviste singular importancia en la creación de capacidades tecnológicas y la canalización de recursos para la internacionalización económica del país. Una propuesta en curso es la de buscar una alianza entre el Ministerio de Comercio

Exterior y COLCIENCIAS para establecer el CERT tecnológico o CERTEC, instrumento que permitiría a las empresas exportadoras contar con un incentivo directo (certificado de reembolso tributario) para la contratación de proyectos y servicios con la red de centros tecnológicos y universidades. Esta acción se complementaría con un refuerzo de los programas existentes entre PROEXPORT COLOMBIA y COLCIENCIAS, y la vinculación de BANCOLDEX, con el propósito de apoyar la modernización de las unidades exportadoras y de las empresas que atienden mercados internacionales, pensando también en utilizar la capacidad de administrar recursos por parte de FIDUCOLDEX. Las líneas de crédito para desarrollo tecnológico contarán con recursos del convenio IFI-COLCIENCIAS con el aval del Fondo Nacional de Garantías.

Los anteriores instrumentos se complementarán con el Fondo Nacional de Capital de Riesgo, recientemente creado como sociedad anónima, para dar un impulso fuerte a la generación de empleo calificado y el establecimiento de empresas en nuevas tecnologías. Este Fondo articula inversionistas regionales con una sana competencia a través de proyectos. El esquema general de financiación se completa con los Incentivos Fiscales a las inversiones en investigaciones, establecidos en la reforma tributaria (Ley 383 de 1997), que facilita y democratiza las oportunidades de acceder a los beneficios del desarrollo tecnológico.

Hacia el futuro habrá que pensar en mecanismos financieros del desarrollo tecnológico ligados a la explotación de los recursos naturales del país y de otras rentas del Estado, para que una parte de lo que desaparece de nuestra riqueza, sirva para sembrar la semilla de la investigación y la innovación. El Fondo Nacional de Regalías y el Fondo de Comunicaciones constituyen fuentes importantes de recursos, que podrían canalizarse para el desarrollo de la ingeniería. Finalmente habrá que examinar la legislación de las contribuciones parafiscales existentes en Colombia, con el propósito de dar prioridad a la investigación y el desarrollo tecnológico en el uso de sus recursos.

## **e) Reforma del Sistema de Ciencia y Tecnología**

La evolución en el papel del sector público y privado en el desarrollo de la ciencia y tecnología, las orientaciones de los programas estratégicos y los nuevos mecanismos del financiamiento generarán nuevas formas institucionales que transformarán la actual organización del Sistema de Ciencia y Tecnología.

La Ingeniería está presente en varios programas nacionales y regionales y su participación dinámica dependerá principalmente de la capacidad de articulación de los grupos de investigación y desarrollo en ingeniería con las diferentes áreas estratégicas en que participan empresas, universidades, centros tecnológicos y consultores.

El Consejo del Programa de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad, al igual que los otros Consejos en el área de Innovación, fomentan y coordinan el desarrollo tecnológico con un enfoque multidisciplinario e intersectorial, y con una relevancia muy alta en ingeniería. Las reformas para la participación de la ingeniería deben seguir un proceso de aprendizaje institucional y de búsqueda en una mayor integración a programas existentes, para crear condiciones que en el futuro consoliden su posición y trascendencia. Puede ser más relevante en este momento la capacidad de interacción de la ingeniería con el desarrollo tecnológico de la

industria, agricultura, minería, biotecnología, medio ambiente, energía , infraestructura y logística, y desarrollo empresarial, que buscar un esquema completamente independiente y aislado. Por estas razones, como parte de la nueva organización del Sistema de Ciencia y Tecnología se proponen algunas medidas complementarias que refuerzan el apoyo a la ingeniería:

- Creación de un Comité Nacional de Investigaciones en Ingeniería, con el fin de elaborar los planes, establecer prioridades y proponer las medidas pertinentes para el desarrollo de esta actividad y de los ingenieros. Además el Comité ayudará a coordinar la infraestructura de laboratorios y plantas piloto, formación de investigadores y programas de investigaciones en Ingeniería en las universidades. Este Comité deberá tener un miembro en el Consejo Nacional de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad, y en los otros Consejos relacionados con el área de Innovación, incluyendo el Consejo de Investigaciones en Medio Ambiente y en Biotecnología.
- Facilitar el acceso de los grupos de investigación en ingeniería a las convocatorias de proyectos de investigación del Sistema de Ciencia y Tecnología, a los grupos de jóvenes investigadores y el sistema de becas. La evaluación de proyectos se hará por pares del área de ingeniería con la secretaría de los Programas Nacionales a cargo de COLCIENCIAS. El Comité Nacional de Investigaciones en Ingeniería dará su concepto para la priorización de proyectos de investigación básica en ingeniería.

**f) Utilización del poder de compra del Estado y de los inversionistas privados como factor de desarrollo tecnológico.**

Este es un instrumento político de un gran valor estratégico en el fomento de la ingeniería en Colombia. Se requiere dos tipos de medida en este campo: i.- Una gran campaña de las asociaciones de ingeniería ( ACIEM y otras) , de las asociaciones de industriales (ANDI, ACOPI), de las asociaciones en el sector agropecuario (SAC, Asocaña y otras), y en el comercio (FENALCO), a objeto de crear conciencia sobre la importancia de brindar apoyo a la investigación e innovación en ingeniería en las empresas y de valorar los productos y servicios de origen nacional ii.- Una reforma de la Ley 80 o estatuto de contratación del Estado con el fin de considerar aspectos de fomento al desarrollo tecnológico a través de este instrumento.

**g) Apoyo a las firmas de ingeniería y consultoría.**

Las nuevas tendencias en el mercado de la ingeniería y consultoría han inducido una reestructuración institucional hacia el manejo global de los distintos servicios que presta esta actividad. Se deben reforzar los nuevos mecanismos de promoción de la ingeniería y consultoría, tales como las nuevas propuestas de AICO en la organización de la información de las firmas de ingeniería y consultoría y el apoyo a servicios con valor agregado.

## **h) Programa de formación de recursos humanos en ingeniería**

La modernización de los ingenieros y tecnólogos es el fundamento de la estrategia de innovación y desarrollo tecnológico del país. Se debe dar continuidad a los estudios y acciones sobre “Formación de recursos humanos para la innovación y el desarrollo tecnológico en ingeniería” promovidas por el Departamento Nacional de Planeación y COLCIENCIAS con el apoyo de otras entidades de los sectores productivos y universidades, asegurar la implementación de las recomendaciones de estos trabajos y ejecutar programas efectivos de actualización de los programas de ingeniería. Así mismo es importante una articulación con la educación técnica y tecnológica de acuerdo con la misión coordinada por el Ministerio de Educación y el SENA.

# ANEXOS

## ANEXO A

### **1. National Academy of Engineering**

Organization of engineers sharing with the National Academy of Sciences the responsibility for advising the federal government.

#### **ACEC**

American Consulting Engineers Council, a federation of 52 state regional councils

#### **AIMBE**

Search the American Institute for Medical and Biological Engineering, structure of councils, committees, and colleges.

### **2. ASCE**

Resources for the geotechnical engineering community, provided by the American Society of Civil Engineers.

#### **ASEE**

**American Society for Engineering Education conferences, publications and projects, and links to educational resources.**

#### **ASME**

American Society of Mechanical Engineers informs members of trend and breakthroughs. With a software library.

### **3. Am. Inst. of Chemical Engineers**

**Supports professional standards, ethics and education. With details of programs and activities.**

#### *American Society of Naval Engineers*

**News, policy and calendar of events from this society for students and professionals. With links to naval engineering information.**

Find out about the activities, policy and programs of this Irish society for biomedical engineering technicians.

### **4. Biomedical Engineering Society**

Society seeking to give representation to both biomedical and engineering interests. Details of membership, publications and activities.

### **5. Consulting Engineers & Scientists**

A list of consulting engineers organized according to areas of engineering, and a list of relevant technical societies.

### **6. Consulting-Specifying Engineer**

Magazine for professional engineers who design systems for new building and retrofit projects.

## **7. IBET**

Articles, educational info, newsletter and email directory from Institute of Biomedical Engineering Technology.

## ***IUPESM***

International Union for Physical and Engineering Sciences in Medicine provides details of its activities and programs.

## **8. Industrial Research Institute**

Nonprofit organization of over 260 industrial-research companies in the US. With research and publication details.

## **9. Inst. of Atomic-Scale Engineering**

Group which offers a variety of articles and research paper applications of nanotechnology.

## **10. Institute of Materials**

UK-based professional body for materials scientists and engineers with 18,000 members in 70 countries.

## **11. Institution of Chemical Engineers**

UK-based int'l body of chemical and process engineers with details activities and publications.

## **12. Institution of Electrical Engineers**

Info on this UK-based institution promoting electrical and manufacturing engineering through the exchange of ideas and information.

## ***13. Job Search for Engineers***

Company listings, job search databases and salary surveys from this site for electrical engineers.

## **14. Materials Research Society**

Brings together scientists, engineers and research managers to share R&D findings about new materials.

## **15. NASA Technical Reports**

Experimental service which allows users to search the abstracts and technical reports servers maintained by NASA.

## **16. National Center for Biotechnology**

Search 835,000 gene maps by organism or sequence, including a catalog of human genes and genetic disorders.

## ***17. Scholarly Societies***

Web pages and gophers maintained by or for scholarly societies across the world.

***18. Society for Biomaterials***

Professional society which promotes advances in all phases of materials research and development in the biomaterials field.

***19. Society for Experimental Mechanics***

SEM provides scientists, engineers, and educators with research details and job information in stress and strain analysis.

***20. Society of Automotive Engineers***

Resource for all aspects of self-propelled vehicle design, and engineering With articles, job lists and research papers.

***21. Society of Petroleum Engineers***

Association of more than 50,000 members of the drilling, exploration, and production sectors of the oil and gas industry.

**22. Tech Expo**

Online exposition of high-technology companies and products, as well as links to related resources.

**23. UK Technology Education**

Online course in technology capability, as part of the British Internet for Learning program.

## ANEXO B

UNIVERSIDAD	UNIV. PAIS	CONVOCA TORIA
Universidad Politécnica De Madrid	España	1995
Universidad Industrial De Santander	Colombia	1995
University Of Colorado At Boulder	Estados Unidos	1995
Universidad De Sao Paulo	Brasil	1995
The University Of New Mexico	Estados Unidos	1995
University Of London	Inglaterra	1995
Universidad Delaware	Estados Unidos	1995
University Of Miami	Estados Unidos	1995
Clemson University	Estados Unidos	1995
Universidad Nacional Del Litoral / U. De Antioquia	Argentina/Colomb	1995
Pontificia Universidade Catolica Do Rio De Janeiro	Brasil	1995
University Of New Hampshire	Estados Unidos	1995
University Of Strathclyde/U. Javeriana	Escocia/Colombia	1995
Universidad Del Sur De La Florida	Estados Unidos	1996
University Of London	Inglaterra	1996
Universidad Politécnica De Madrid	España	1996
Universidad Politécnica De Cataluña	España	1996
Universidad Joseph Fourier	Francia	1996
Universidad Politécnica De Valencia	España	1996
Universidad De Winsconsin	Estados Unidos	1996
University Of Leeds	Inglaterra	1996
Universidad Jorge Washington	Estados Unidos	1996
University Of Manchester Institute Of Science And Technology	Inglaterra	1996
University Of Maryland	Estados Unidos	1997
Ohio State University	Estados Unidos	1997
Northeastern University	Estados Unidos	1997
University Of South Florida	Estados Unidos	1997
Georgia Institute Of Technology	Estados Unidos	1997
Academia Lomonosov De Tecnología Química	Rusia	1997
University Of Manchester Institute Of Science And Technology	Inglaterra	1997
The University Of Oklahoma	Estados Unidos	1997
Cornell University	Estados Unidos	1997
University Of Miami	Estados Unidos	1997
University Of California, Los Angeles	Estados Unidos	1997
University Of Strathclyde	Escocia	1997
Universidad Politécnica De Madrid	España	1997
The University Of Utah	Estados Unidos	1997
The University Of Oklahoma	Estados Unidos	1997
University Of California - Davis-	Estados Unidos	1997
Universidad De Wisconsin	Estados Unidos	1997
Escuela Politecnica Universidad De Sao Paulo	Brasil	1997
Universidad Industrial De Santander	Colombia	1997
Universitu Of Cincinnati	Estados Unidos	1997
Washington State University	Estados Unidos	1997
State University Of New York At Buffalo	Estados Unidos	1997

Universidad De Alberta	Canadá	1997
Escuela Politecnica Universidad De Sao Paulo	Brasil	1997
Universidad Nacional De Colombia -Medellin	Colombia	1997
Universidad Nacional De Colombia -Medellin	Colombia	1997
Universidad Nacional De Colombia -Medellin	Colombia	1997
Universidad Nacional De Colombia -Medellin	Colombia	1997
Institut National Polytechnique De Grenoble	Francia	1995
Institut National Des Sciences Appliquees De Toulouse - Insa	Francia	1995
Georgia Institute Of Technology	Estados Unidos	1995
Universidad Del Estado De Carolina Del Norte	Estados Unidos	1996
Istituto Europeo Di Design	Italia	1996
Domus Academy	Italia	1997
Stevens Institute Of Technology	Estados Unidos	1997
Massachusetts Institute Of Technology	Estados Unidos	1997
University Of Lincolnhire And Humberside	Inglaterra	1997
Royal College Of Art	Inglaterra	1997
Universidad De Nebraska, En Lincoln	Estados Unidos	1997
Wessex Institute Of Technology	Inglaterra	1995
Universidad Evry Val D'Essonne	Francia	1995
Institut National Des Sciences Appliquees De Toulouse - Insa	Francia	1995
Universite De Paris Xi	Francia	1995
University Of Oxford	Inglaterra	1996
Institut National Des Sciences Appliquees De Toulouse - Insa	Francia	1996
Ecole Polytechnique Federale De Lausanne	Suiza	1996
Universidad Politécnica De Valencia	España	1996
Michigan State University	Estados Unidos	1997
Boston University	Estados Unidos	1997
Universidad De Granada	España	1997
University Of Memphis	Estados Unidos	1997
The University Of Memphis	Estados Unidos	1997
Universidad De Chile	Chile	1997
University Of Saskatchewan	Canadá	1997
San Diego State University	Estados Unidos	1997
Michigan State University	Estados Unidos	1997
Universite Joeph Fourier - Grenoble I	Francia – Colombia	1995
Universidad De Rennes I	Francia	1996
The University Of Hull	Inglaterra	1996
Centro Nacional De Investigaciones Metalúrgicas - Cenim	España	1997
London School Of Economics And Political Science	Inglaterra	1997
University Of Sussex At Brighton	Inglaterra	1996
Universidad De Burdeos	Francia – Colombia	1995
University Of London	Inglaterra	1996
Universidad De Sao Paulo	Brasil	1995
Universidad Industrial De Santander	Colombia	1993
Universidad De Cantabria	España	1993
Universidad Tecnologica De Compiegne	Francia	1993
Universidad George Mason	Estados Unidos	1992
Universidad Complutense De Madrid	España	1994
Universidad De Sao Paulo	Brasil	1993
Universidad Cambridge	Inglaterra	1992
Universidad De Bristol	Inglaterra	1992

Universidad Nacional De Colombia -Medellin	Colombia	1992
Universidad Nacional De Colombia -Medellin	Colombia	1992
Universidad De West Lafayette	Estados Unidos	1993
Universidad De Mississipi	Estados Unidos	1992
Universidad Nacional De Medellin-U. Colorado	Colombia-Usa	1992
Universidad De Colorado	Estados Unidos	1993
Universidad De Texas A&M	Estados Unidos	1992
Universidad Catolica De Lovaina	Belgica	1992
Universidad De Cranfield	Inglaterra	1993
Universidad Estatal De Ohio	Estados Unidos	1994
Centro Nacional De Investigaciones Metalúrgicas - Cenim	España	1992
Universidad De Sydney	Australia	1994
Universidad Politécnica De Madrid	España	1993
Institut National Polytechnique De Grenoble	Francia	1993
Georgia Institute Of Technology	Estados Unidos	1993
Universidad Industrial De Santander	Colombia	1992
Universidad Politécnica De Madrid	España	1993
Universidad Industrial De Santander	Colombia	1994
Universidad Industrial De Santander	Colombia	1994
Universidad De Manchester	Inglaterra	1994
Universidad De Manchester	Inglaterra	1994
Universidad De Sao Paulo	Brasil	1993
Universidad De Lehigh	Estados Unidos	1993
Universidad De Los Andes-Laboratorio Lifa	Colombia-Franci	1993
Universidad De Tulane	Estados Unidos	1993
Universidad Joseph Fourier	Francia	1993
Universidad De Aston	Inglaterra	1992
Universidad Joseph Fourier	Francia	1993
Paris Vi	Francia	1992
Universidad De Rennes I	Francia	1993
Universidad De Los Andes-Laboratorio Laas	Colombia-Franci	1993
Universidad De Texas A&M	Estados Unidos	1993
Universidad Politécnica De Madrid	España	1992
Universidad Politécnica De Madrid	España	1993
Cerma-Universidad Del Valle	Francia – Colombia	1993
Universidad De Sao Paulo	Brasil	1993
Universidad De Massachusetts	Estados Unidos	1994
Instituto Nacional Politecnico-Universidad Del Valle	Francia – Colombia	1993
Universidad Politécnica De Madrid	España	1993
Instituto Politecnico Rensselaer	Estados Unidos	1992
Universidad De Warwick	Colombia-Inglat	1992
Universidad De Reading	Inglaterra	1993
Universidad Politécnica De Cataluña	España	1992
Escuela Nacional De Telecomunicaciones	Francia	1992
Universidad De Indiana	Estados Unidos	1994
Universidad Nacional	Colombia	1993
Universidad Federal De Santa Catalina	Brasil	1993
Universidad De Washington	Estados Unidos	1992
Universidad De Ginebra-Universidad De Los Andes	Suiza-Colombia	1993
Universidad De Nottingham	Inglaterra	1993
Universidad De Strathclyde	Inglaterra	1993

Instituto Superior Energetico De Moscu	Rusia	1994
Universidad De Nottingham	Inglaterra	1992
Instituto Nacional Politecnico-Universidad Del Valle	Francia – Colombia	1993
Universidad De Sao Paulo	Brasil	1993
Universidad Tecnologica De Cataluña	España	1992
Unam De Mexico	Mexico	1992
University Of London	Inglaterra	1993
Universidad De Berkeley	Estados Unidos	1993
Universidad Industrial De Santander	Colombia	1994
Centro Nacional De Investigaciones Metalúrgicas – Cenim	España	1992
Instituto De Investigaciones De Alto Voltaje	Suecia	1993
Universidad Politécnica De Cataluña	España	1993
Escuela De Negocios De Londres	Inglaterra	1993
Universidad De Campinas	Brasil	1993