

IDENTIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA A NIVEL MUNDIAL, NACIONAL Y REGIONAL

Gilberto Santos Nieves, Milton Javier Muñoz y Jorge Gómez Rojas

Fundación Universitaria de San Gil, San Gil (Colombia)

Resumen

Este documento presenta la metodología empleada y los resultados obtenidos en el estudio analítico realizado con el propósito de identificar, clasificar y analizar las tendencias de investigación en ingeniería electrónica a nivel mundial, nacional y regional.

En primera instancia se da a conocer un panorama general de la profesión y se establecen los indicadores que enmarcan el desarrollo de la investigación, de la cual se presenta en una segunda parte, el análisis de los resultados mediante la exposición de gráficos de tipo estadístico. Por último, se dan a conocer las conclusiones del estudio y las recomendaciones por parte de los autores.

Palabras clave: Ingeniería electrónica, tendencias de investigación en ingeniería electrónica, desarrollo tecnológico

Abstract

This document presents the methodology and results of the analytical study for identification, classification and analysis of fields of research in electronic engineering, in global, national and regional levels.

In a first instance, the document shows an overview of the profession and establishes indicators for development of research. Then, it presents an analysis of the results by displaying a statistical graphics. Finally the conclusions and recommendations of the study, elaborated by the authors, are presented.

Keywords: Electronic engineering, research tends in electronic engineering, technological development

Introducción

La acelerada evolución de la electrónica y su convergencia con áreas como las telecomunicaciones y la informática, el cambio del entorno nacional y mundial, y el gran impacto que su aplicación ha tenido en Colombia y el mundo, hacen necesaria la promoción constante de nuevos estudios sobre sus tendencias de investigación y desarrollo tecnológico, de modo que sea posible reflexionar respecto a las oportunidades que tienen las regiones y sus universidades de ponerse a tono con la globalización y con los retos que deben enfrentarse para lograr una adecuada competitividad de los futuros profesionales (Martínez, *et al.*, 2005).

Esta reflexión llevó al programa de ingeniería electrónica de la Fundación Universitaria de San Gil, UNISANGIL, sede San Gil, a formalizar un estudio que permitió efectuar una mirada de la situación actual de dichas tendencias, a escala mundial, nacional y regional, en aras de estructurar un contexto orientador de las líneas de acción y las estrategias del programa en los próximos años. En este sentido el estudio analizó

las actividades de investigación que sobre la materia despliegan instituciones universitarias e industrias sobresalientes en el área a nivel mundial y nacional, teniendo en cuenta las tendencias establecidas por las entidades de promoción para encauzar la investigación y el desarrollo tecnológico en Colombia (COLCIENCIAS, 2005) y (ACOFI, 2005). El presente artículo contiene la estructura y los resultados de la investigación adelantada al respecto.

VARIABLES e INDICADORES de la investigación

Para el desarrollo del estudio se identificaron indicadores que pudieran determinar las tendencias de investigación en ingeniería electrónica a nivel mundial, nacional y regional, de forma cuantitativa. Dichos indicadores tuvieron, como punto de partida, los perfiles profesionales y ocupacionales que busca desarrollar el programa de ingeniería electrónica de UNISANGIL, a partir de los cuales se establecieron las variables que determinaron la evidencia de las tendencias mundiales, nacionales y regionales de investigación. Las variables globales son relacionadas en la tabla 1.

Tabla 1. Variables e indicadores globales de la investigación

VARIABLE	INDICADORES (% = Porcentaje)
1. Líneas de investigación de punta en ingeniería electrónica	1.% De universidades internacionales por tendencia 2.% De universidades nacionales por tendencia 3.% De grupos de investigación nacional por tendencia
2. Situación general de la investigación en ingeniería electrónica en Colombia.	1.% De grupos de investigación por categoría 2.% Investigadores vinculados a cada categoría de acuerdo a la relación: número de horas de dedicación semanal/número de horas laborales por semana (40 horas). 3.% Estudiantes vinculados a cada categoría de acuerdo a la relación: número de horas de dedicación semanal/ número de horas laborales por semana (40 horas). 4.% Técnicos vinculados a cada categoría de acuerdo a la relación: número de horas de dedicación semanal/ número de horas laborales por semana (40 horas). 5.% Producción intelectual generada, vinculada a cada categoría de acuerdo a: artículos, eventos, libros, capítulos de libros. 6.% De desarrollo de proyectos vinculados a cada categoría.
3. Tendencias de desarrollo en las industria electrónica mundial	1.% En tendencias de desarrollo en la industria de semiconductores. 2.% En tendencias de desarrollo en la industria fabricante y ensambladora de quipos electrónicos.
4. Investigación Regional en ingeniería electrónica (Santander, Boyacá y Casanare)	1.% De grupos de Investigación en la región respecto al total nacional 2.% De grupos de Investigación en la región en cada una de las áreas / respecto al total de grupos en la región.

Centros de investigación

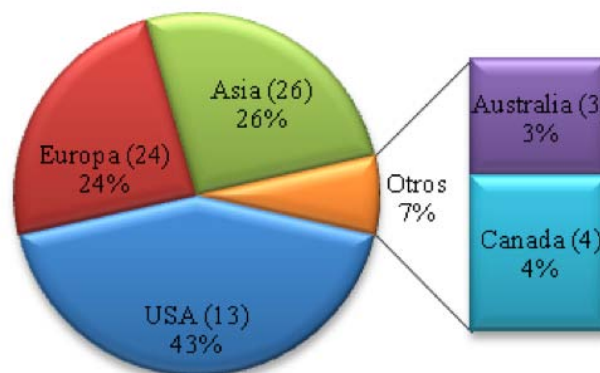
La identificación, clasificación y análisis de las tendencias de investigación, relacionadas con el campo de la ingeniería electrónica, se realizó en instituciones de educación superior oficiales y privadas, considerando tres subgrupos fundamentales (A, B y C), los cuales sumaron un total de 128 universidades, a saber:

a. Universidades internacionales (excluyendo Latinoamérica)

Compuesto por 100 universidades sobresalientes en el campo de la ingeniería, tecnología y ciencias

de la computación, según la categorización realizada por la Clasificación Académica de Universidades del Mundo 2009, de la universidad de Shanghai Jiao Tong (*Academic Ranking of World Universities, ARWU 2009*), (ARWU, 2009), seleccionada para esta investigación por ser una clasificación excluyente, realizada anualmente desde el año 2003 con el objetivo de encontrar las diferencias y similitudes entre universidades de talla mundial, particularmente en términos de rendimiento académico y de investigación, siendo tal su éxito que se ha convertido en la clasificación anual más utilizada y considerada la de mayor influencia internacional. La distribución geográfica de este grupo se aprecia en la gráfica 1.

Gráfica 1. Distribución geografía de las universidades internacionales (Excluyendo Latinoamérica)



Europa	Alemania	1%	Asia	China	4%
	Bélgica	2%		Corea del Sur	3%
	Denmark	1%		Hong Kong	3%
	Francia	2%		India	2%
	Holanda	3%		Israel	3%
	Italia	1%		Japón	5%
	suiza	2%		Singapur	2%
	Sweden	3%		Taiwán	4%
	UK	9%			
Norte América	Canadá	4%	Australia	Melbourne	3%
	USA	43%			

b. Universidades latinoamericanas (excluyendo Colombia)

Dado que en la clasificación realizada por el ARWU 2009 para las cien mejores universidades

en el campo de la ingeniería, tecnología y ciencias de la computación, no figuran universidades latinoamericanas, se tomó para este subgrupo las instituciones latinas que figuran en el listado general de clasificación, según se relaciona en la tabla 2.

c. Universidades nacionales

Este subgrupo fue conformado por las universidades nacionales que cuentan con acreditación de alta calidad para el programa de Ingeniería electrónica, de acuerdo con el Sistema Nacional de Acreditación en Colombia (CNA), al mes de febrero de 2010 (Ver tabla 3).

Las áreas y líneas de investigación de las universidades relacionadas en la tabla 3, respecto a la ingeniería electrónica, están determinadas por el programa nacional de ciencia y tecnología de electrónica, telecomunicaciones e informática y fueron identificadas mediante la exploración de la herramienta ScienTI, la cual es un instrumento diseñado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia (COLCIENCIAS), para la consulta en las bases de datos que recogen la información sobre currículos de investigadores (CvLAC) y hojas de vida de grupos de investigación (GrupLAC) colombianos (COLCIENCIAS, 2008.)

Tabla 2. Universidades Latinoamericanas incluidas en el estudio

PAIS	UNIVERSIDAD
Argentina	Universidad de Buenos Aires
Brasil	Universidad de Sao Paulo
	Universidad estatal de Campinas
	Universidad federal de Minas Gerais
	Universidad federal de Rio de Janeiro
	Universidad federal Rio Grande del Sur
	Universidad estatal Sao Paulo
Chile	Universidad Católica de Chile
	Universidad de Chile
México	Universidad nacional Autónoma de México

Tabla 3. Universidades colombianas con acreditación de alta calidad febrero de 2010

DEPARTAMENTO	UNIVERSIDAD
Antioquia	Universidad de Antioquia
	Universidad Pontificia Bolivariana
Boyacá	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Caldas	Universidad Nacional de Colombia
	Universidad Autónoma de Manizales
Cundinamarca	Universidad Nacional de Colombia
	Universidad de Los Andes
	Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
	Pontificia Universidad Javeriana
	Universidad Distrital Francisco José de Caldas
	Universidad Santo Tomas
Norte de Santander	Universidad de Pamplona
Santander	Universidad Pontificia Bolivariana
	Universidad Industrial de Santander
Tolima	Universidad de Ibagué
Valle del Cauca	Pontificia Universidad Javeriana
	Universidad del Valle
Atlántico	Fundación Universidad del Norte

Industrias a nivel mundial

La identificación, clasificación y análisis de las tendencias de desarrollo, relacionadas con el campo de la Ingeniería electrónica, se realizó mediante el estudio de las actividades propias de la industria electrónica en investigación, desarrollo, fabricación, integración, instalación y comercialización de componentes, partes, subensambles, productos y sistemas físicos y lógicos, fundamentados en la tecnología electrónica.

Este sector posee vínculos con otros sectores, principalmente con el de metales, plásticos, y maquinaria y equipo eléctrico, sectores que le proveen los insumos necesarios para la producción de los equipos electrónicos, y así mismo, está estrechamente ligado con la modernización, tecnificación y sistematización de los demás sectores productivos de la economía. En

efecto, la electrónica ha adquirido importancia en áreas como la automatización industrial y las telecomunicaciones, y se ha convertido en prioridad y elemento estratégico en el ámbito internacional debido a las posibilidades que ofrece para el mejoramiento de procesos (Duch, *et al.*, 2005), (DANE 2007).

Son fácilmente identificables dos tipos de industrias, las cuales conforman los subgrupos de investigación de este apartado: la de semiconductores, donde se encuentran ubicadas las empresas que se dedican al desarrollo de dispositivos electrónicos basados en la investigación de las propiedades de los materiales semiconductores, así como también en el desarrollo de nuevos materiales de este tipo; el segundo tipo de industria está compuesto por aquellas que fabrican y ensamblan equipos electrónicos, entre ellos equipos de instrumentación y control, de electrónica de potencia, de telecomunicaciones, computadores, equipos para el tratamiento de

datos, electrónica de consumo y electrónica automotriz.

Resultados

a. Universidades internacionales

Para el subgrupo A y B (Universidades Internacionales) el análisis de la información recolectada arroja como resultado la clara identificación de 7 áreas de investigación (relacionadas al campo de la ingeniería electrónica y ciencias de la computación, denominación que en el entorno internacional se le da al programa, específicamente en las universidades mencionadas) de las cuales algunas debido a su especialización, están compuestas por diversas tendencias de investigación, en tanto que para otras solo se evidencia la existencia del área específica de investigación, lo que se puede apreciar en la siguiente tabla.

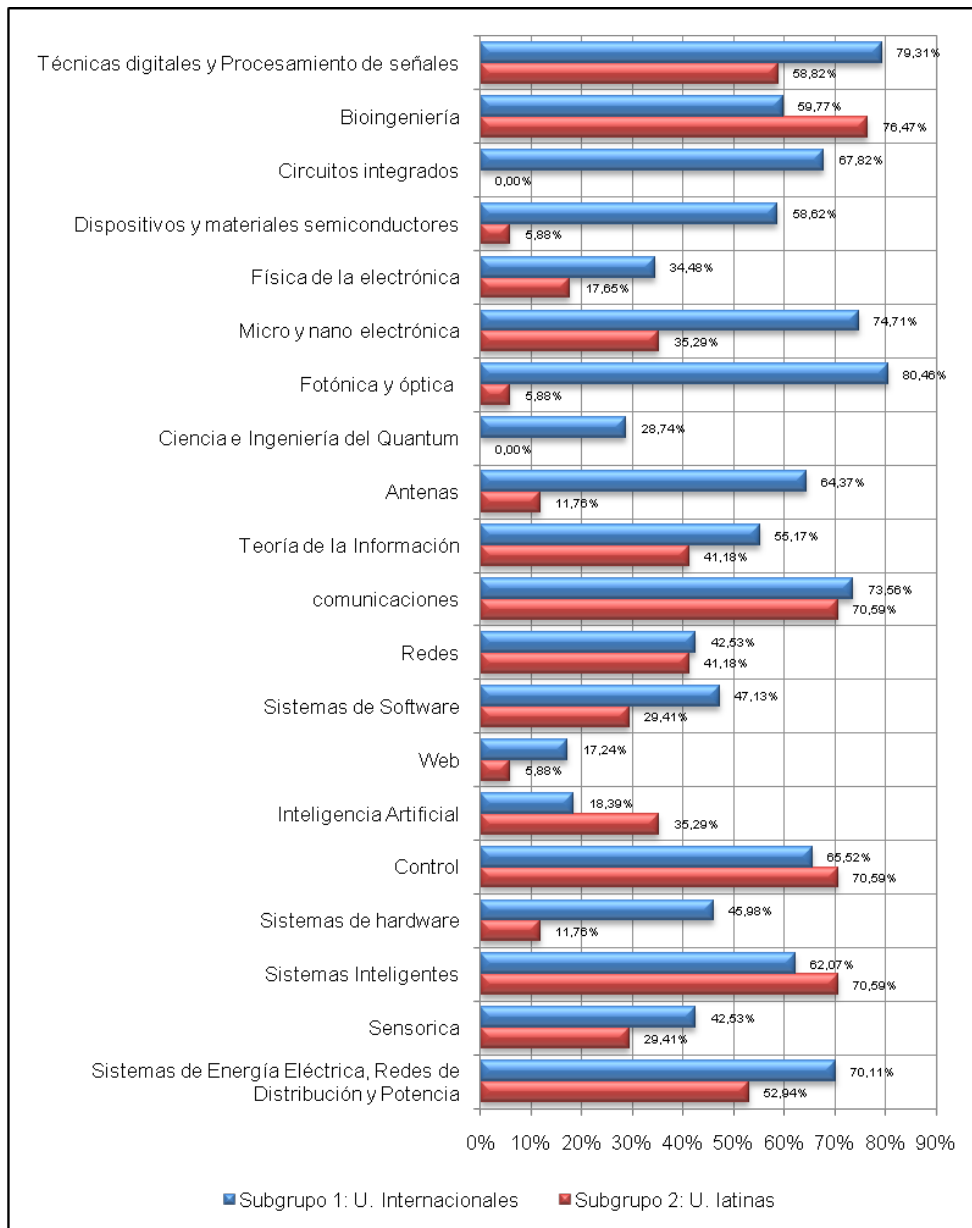
Tabla 4. Áreas y tendencias de investigación internacionales

Áreas de conocimiento	Tendencias de investigación
Técnicas digitales y procesamiento de señales	No aplica.
Bioingeniería	No aplica.
Electrónica de estado solido	Circuitos integrados
	Dispositivos y materiales semiconductores
	Física de la electrónica
	Micro y nano electrónica
	Fotónica y óptica
Antenas y telecomunicaciones	Ciencia e ingeniería del Quantum
	Antenas
	Teoría de la Información
Ciencias de la computación	Comunicaciones
	Redes
	Sistemas de Software
Automatización, instrumentación y control	Web
	Inteligencia artificial
	Control
	Sistemas de hardware
	Sistemas inteligentes
Sistemas de energía eléctrica, redes de distribución y potencia	Sensórica
	No aplica.

Partiendo del análisis del interés e importancia dado por las universidades internacionales a las tendencias de investigación o en su defecto las áreas de conocimiento relacionadas en la anterior tabla, y considerando como determinante la incidencia de estos aspectos en cada uno de sus

grupos de investigación, fue posible determinar de manera cuantitativa y excluyente el grado de jerarquía que representa para la comunicada académica internacional cada uno de estos factores, jerarquía que determinó las tendencias internacionales de investigación, según se detalla en la gráfica 2.

Gráfica 2. tendencias de investigación en las principales universidades a nivel internacional



b. Universidades nacionales

La investigación respecto a la ingeniería electrónica a nivel nacional se concentró en 6 grandes

áreas, clasificadas por categorías según el modelo de medición de grupos de investigación, tecnológica o innovación (2008) elaborado por COLCIENCIAS, de manera que del total de

las entidades referidas en el ámbito nacional se realizó el análisis estadístico de la información

respecto a las variables e indicadores consignados en la tabla 5.

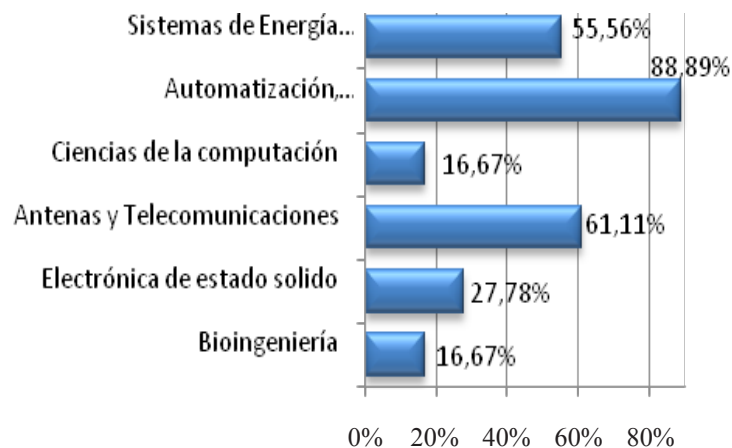
Tabla 5. Áreas y tendencias de investigación nacionales

Áreas de conocimiento	Tendencias de investigación
Bioingeniería	No aplica.
Electrónica de estado solido	Circuitos integrados
	Dispositivos y materiales semiconductores
	Física de la electrónica
	Micro y nano electrónica
	Fotónica y óptica
	Ciencia e ingeniería del Quantum
Antenas y telecomunicaciones	Antenas
	Teoría de la información
	Comunicaciones
Ciencias de la computación	Redes
	Sistemas de software
	Web
Automatización, Instrumentación y Control	Inteligencia artificial
	Control
	Sistemas de hardware
	Sistemas inteligentes
	Sensórica
Sistemas de energía eléctrica, redes de distribución y potencia	No aplica.

A partir de los anteriores criterios se efectuó un análisis estadístico que permitió identificar, de manera proporcional, las tendencias de investigación en el ámbito nacional, concerniente a la ingeniería electrónica, el cual es mostrado en la gráfica 3. Al igual que con las universidades internacionales,

la cuantificación de las tendencias se realizó asumiendo como determinante la incidencia de las tendencias de investigación o en su defecto de las áreas de conocimiento en cada uno de los grupos registrado en COLCIENCIAS por las universidades nacionales objeto de esta investigación.

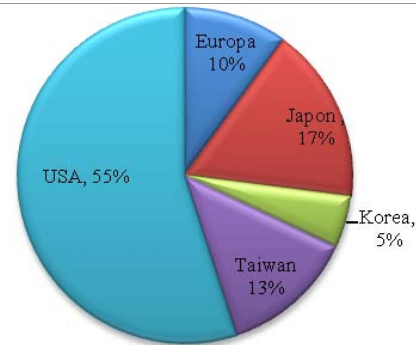
Gráfica 3. Tendencias de investigación en las principales universidades a nivel nacional



c. Industria de semiconductores

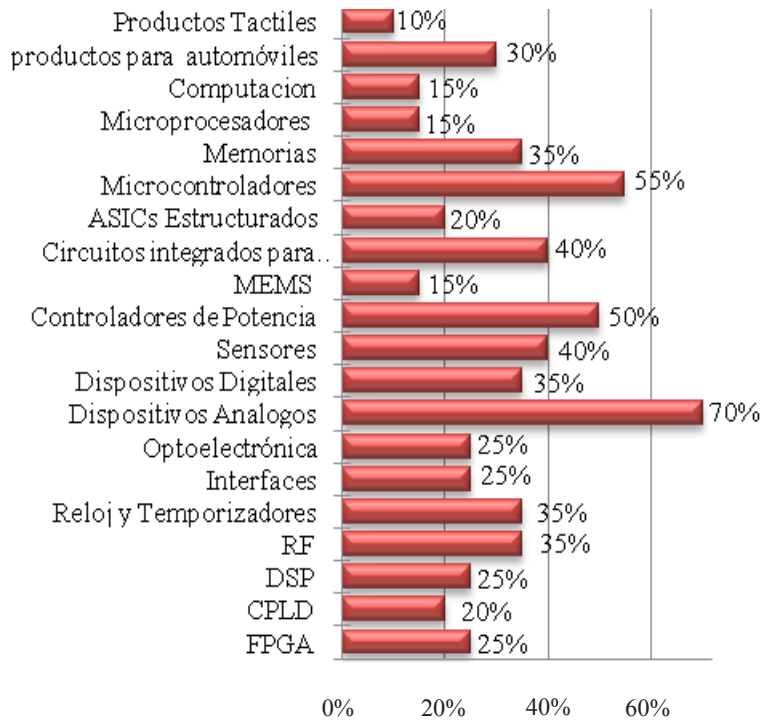
La industria internacional de semiconductores está conformada por cinco regiones principales (Ver gráfica 4) de fabricación de circuitos integrados en el mundo, las cuales en conjunto conforman el Plan de Trabajo de Tecnología Internacional para Semiconductores (*The International Technology Roadmap for Semiconductors – ITRS*), el cual tiene el propósito de controlar y garantizar el costo y efectividad de los avances en el desempeño de los circuitos integrados y los productos que utilizan estos dispositivos, para conservar de esta manera la homogeneidad y el éxito de la industria, y a la vez determinar las tendencias de desarrollo tecnológico en la producción de semiconductores.

Gráfica 4. Participación en la ITRS por región



En atención a lo anterior, la identificación de las tendencias de desarrollo en la industria de semiconductores se realizó a partir de la selección de las empresas representativas pertenecientes al ITRS, obteniendo como resultado las tendencias de desarrollo tecnológico, mostradas en la gráfica 5.

Gráfica 5. Tendencia de desarrollo tecnológico en la industria de semiconductores



d. Fabricantes y ensambladores de equipos electrónicos

De acuerdo con ASESEL (ASESEL, 2003), a nivel mundial es Estados Unidos líder en la producción de equipos electrónicos, en especial

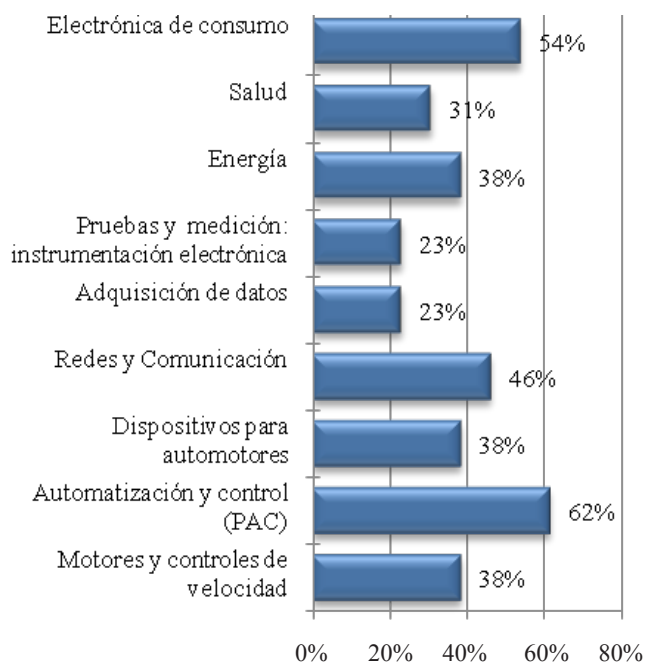
de equipos de informática y telecomunicaciones. De igual manera, la Unión Europea y Japón son importantes actores en el sector, con una alta producción de equipos de electrónica industrial y telecomunicaciones, y de productos de electrónica de consumo e informática, respectivamente.

De otra parte, la región de Asia y el Pacífico, con una participación en el mercado menor frente a la de los países antes mencionados, se ha convertido en un importante productor de equipos electrónicos y registra las tasas de crecimiento más altas del mundo. En efecto, según un informe reciente de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD), en el año 2004, China se convirtió en el principal exportador de bienes de tecnología de la información y la comunicación, alcanzando US\$ 180.000 millones, frente a los US\$ 149.000 millones de Estados Unidos. En contraste, la participación de América Latina

en esta industria continúa siendo baja y son pocos los países que cuentan con producción y comercio importantes, con excepción de México, Brasil y Costa Rica.

La identificación de las áreas sobresalientes de desarrollo en la industria fabricante y ensambladora de equipos electrónicos, se realizó a partir de la selección de las empresas representativas de este sector. Estableciendo la incidencia de cada una de estas en las áreas de conocimiento, se constituyeron las tendencias de desarrollo tecnológico para el sector, de acuerdo con lo ilustrado en la gráfica 6.

Gráfica 6: Tendencias de desarrollo en la industria fabricante y ensambladora de equipos electrónicos



Análisis de las tendencias de investigación en ingeniería electrónica a nivel mundial, nacional y regional

El presente estudio identificó tres regiones delimitadas por la ubicación geográfica de los centros de investigación incluidos en el mismo, encontrándose en cada una de estas regiones una clara concentración en determinados países o departamentos:

- A nivel internacional, excluyendo las universidades latinoamericanas, se encuentra que el 44% de los centros de investigación están ubicados en territorio Estadounidense, dejando el 56% restante para los centros de investigación europeos, asiáticos, australianos y canadienses.
- En Latinoamérica, Brasil representa el 60% los centros de investigación estudiados en este grupo, dejando un 40% para países como México, Chile y Argentina.

- A nivel nacional, Cundinamarca contiene el 33% de las instituciones vinculadas al presente estudio.

La tabla 6 sintetiza las tendencias de investigación que conciernen a cada una de las regiones.

Las tendencias de UNISANGIL se determinaron directamente de la información suministrada por el departamento de investigación de la Fundación.

Tabla 6. Tendencias de investigación a nivel, internacional, nacional, regional e institucional en ingeniería electrónica

Áreas de investigación	Tendencias de investigación	Universidades Internacionales (Excluyendo Latinoamérica)	Universidades Latinoamericanas	Universidades Nacionales	Universidades Regionales	UNISANGIL
	Sistemas de energía eléctrica, redes de distribución y potencia				✓ 1	
Automatización, instrumentación y control	Sensórica					
	Sistemas inteligentes				✓ 1	
	Sistemas de hardware				✓ 1	
	Control				✓ 1	
	Inteligencia artificial				✓ 1	
Ciencias de la computación	Web				✓ 1	
	Sistemas de software				✓ 1	
	Redes				✓ 1	
Antenas y telecomunicaciones	Comunicaciones				✓ 1	
	Teoría de la información				✓ 1	
	Antenas					
Electrónica de estado sólido	Ciencia e ingeniería del Quantum					
	Fotónica y óptica					
	Micro y nano electrónica					
	Física de la electrónica					
	Dispositivos y materiales semiconductores					
	Circuitos integrados					
Bioingeniería						
Técnicas digitales y procesamiento de señales						

Líneas de investigación de punta en ingeniería electrónica a nivel nacional

Se identificaron seis áreas de investigación nacional que atañen al campo de la ingeniería electrónica, dentro las que se destacan 2 áreas fundamentales:

- Automatización, instrumentación y control: área que se encuentra presente en el 88.89% de las instituciones nacionales investigadas

- Antenas y telecomunicación: área que se encuentra presente como área de investigación en el 61.11% de las universidades investigadas.

Un tercer campo con una relación menos directa a la ingeniería electrónica y más inclinado hacia el interés de la ingeniería eléctrica, por la composición de sus líneas de investigación, es: sistemas de energía eléctrica, redes y potencia, con una presencia del 55.56% en las tendencias de investigación de las universidades nacionales.

Del estudio es posible afirmar también, que en los últimos años se han empezado a explorar otros campos, relacionados con la medicina y la computación, y se han incorporado con más fuerza tendencias de investigación y desarrollo que habitualmente solo competía a países considerados como potencias mundiales y poseedores de alta tecnología. Estas tendencias están representadas en Colombia, con una presencia de investigación proporcional en las universidades, por las siguientes áreas de conocimiento.

- Electrónica de estado sólido: 27,78%
- Ciencias de la computación: 16,67%
- Bioingeniería: 16,67%

Situación general de la investigación en ingeniería electrónica a nivel nacional y regional

Tomando como referencia el modelo de medición de grupos de investigación, tecnológica o de innovación, realizado por COLCIENCIAS en el año 2008 y los datos reflejado en el análisis del estado de la investigación nacional en ingeniería electrónica, es posible señalar que las actividades de investigación relacionadas con el campo de la ingeniería electrónica han aumentado significativamente en lo transcurrido de los últimos 5 años, hecho evidente al considerar que las categorías A1 y A, que son las que tienen como requisito mínimo más de 5 años de existencia del grupo, solo representan el 12.3% (8 grupos de investigación), de la totalidad de los grupos de investigación identificados a nivel nacional en el presente documento (65 grupos de investigación).

Por su parte las evidencias de investigación relacionadas a las categorías B, C y D, que suponen un tiempo de existencia menor o igual a 5 años, representan frente al total porcentual de cada una de las evidencias, las siguientes cifras:

- 80.0% de los investigadores (Profesionales) a nivel nacional.
- 75.4% de los estudiantes a nivel nacional.

- 62.7% de los técnicos a nivel nacional.
- 63.1% de los artículos publicados a nivel nacional.
- 70.1% de la participación en eventos relacionados con el campo a nivel nacional.
- 75.2% de los libros publicados por los grupos de investigación a nivel nacional.
- 75.4% de los capítulos de libros publicados por los grupos de investigación a nivel nacional.
- 76.1% de los proyectos realizados a nivel nacional.

Se infiere un panorama similar para las tendencias de investigación a nivel regional (asumiendo por región la zona de inferencia de UNISANGIL: Santander, Boyacá y Casanare), en donde solamente se identifica un grupo de investigación en la categoría A, afín con el área de automatización instrumentación y control, el cual representa un 1.54% respecto al total nacional y del 21.33% del total regional, donde al igual que con las tendencias nacionales, el comportamiento es apoyado por las evidencias de investigación relacionadas a las categorías B, C y D, las que en conjunto, representan la mayoría respecto a las actividades de investigación relacionadas en este estudio, conteniendo estas:

- 81.1% de los investigadores (profesionales) a nivel regional y
- 84.48% de los estudiantes a nivel regional.
- 93% de los artículos publicados a nivel regional.
- 94% de la participación en eventos relacionados con el campo a nivel regional.
- 84% de los libros publicados por los grupos de investigación a nivel regional.
- 100% de los capítulos de libros publicados por los grupos de investigación a nivel regional.
- 84% de los proyectos realizados a nivel regional.

Conclusiones

La globalización de las tendencias de investigación y desarrollo (I&D) en ingeniería electrónica

se evidencia en la coincidencia de las temáticas más recurrentes (automatización, instrumentación y control, telecomunicaciones, técnicas digitales y procesamiento de señales) en las universidades colombianas, las universidades más destacadas a nivel mundial y la industria electrónica mundial. Sin embargo, la brecha entre ambas realidades se hace evidente al comparar los gastos de investigación, el número de profesionales dedicados al tema (maestros y doctores con dedicación tiempo completo a la I&D) y el número de patentes de alta tecnología.

En consecuencia, las grandes universidades del mundo no sólo desarrollan aplicaciones en ingeniería electrónica de alta tecnología, sino que también, al tiempo, generan dichas tecnologías. Investigaciones en MEMS, NEMS, fotónica, en ingeniería del quantum o mega computación son algunos ejemplos de las investigaciones de base que lideran los centros de investigación internacionales.

La realidad muestra, por ende, que las universidades colombianas, por su infraestructura y sus montos de investigación, distan de ser generadores de alta tecnología; están en posibilidad, en cambio, de hacer aplicaciones de la misma. La coincidencia en las tendencias de investigación más destacadas es una evidencia de este hecho.

Si bien, como infiere el estudio, las actividades de investigación relacionadas con el campo de la ingeniería electrónica han aumentado en Colombia significativamente en lo trascendido de los últimos cinco años, es necesario que se preste especial atención a las tecnologías emergentes, como oportunidades para la innovación y la generación de valor agregado a las aplicaciones tecnológicas que se puedan realizar. La definición de presupuestos coherentes con este reto, y la cualificación de la plantilla docente en los diversos centros de educación hará posible el reto de competitividad de los profesionales asociados al campo de estudio del presente documento, en medio de un mundo evolutivamente globalizado.

Referencias

- ACOFI. (2007). El ingeniero colombiano del año 2020, Retos para su formación. Bogotá, Colombia. Opciones Gráficas Editores Ltda.
- ACOFI e ICFES. (2003). Especificaciones de los exámenes de estado de calidad de la educación superior en ingeniería electrónica. Bogotá, Colombia.
- ACOFI e ICFES. (2005). Marco de fundamentación conceptual y especificaciones de prueba ECAES para ingeniería electrónica, versión 6.0. Bogotá, Colombia.
- Academic Ranking of World Universities, ARWU (2009). Consultado el 7 de diciembre de 2009 en <http://www.arwu.org/FieldENG2009.jsp>.
- ASESEL (2003). Electrónica y equipos de telecomunicaciones. Consultado el 10 de febrero de 2010 en <http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/DDE/Electronica.pdf>
- Consejo Nacional de Acreditación, CNA (2009). Consultado el 7 de diciembre de 2009 en <http://www.cna.gov.co/1741/channel.html>
- COLCIENCIAS (2005). Plan estratégico programa nacional de electrónica, telecomunicaciones e informática 2005-2015. Bogotá, Colombia, Imprenta Nacional de Colombia.
- COLCIENCIAS. (2008). Modelo de medición de grupos de investigación, tecnológica o de innovación. Bogotá, Colombia.
- DANE (2007). Agenda interna para la productividad y la competitividad. Documento sectorial, cadena electrónica y equipos de telecomunicaciones. Bogotá, Colombia.
- Duch A., Gemma G. y Viñas J.L. (2005). Tecnologías convergentes NBIC. Situación y perspectiva 2005. Barcelona, Centro Nacional de Microelectrónica.
- Martínez, J.; Verdú, R.; Gil, D.; Callejas, M.; André, C.; García, G.; Moreno, D.; Alfonso, R. y Quiroga, J. (2005). Desarrollo de competencias en ciencias e ingeniería: Hacia una enseñanza problematizada. Compilado por María Mercedes Callejas, Bogotá, Colombia. Editorial Didáctica Magisterio.
- National Academy of Engineering, NAE (2010). Los mayores logros de la ingeniería del siglo 20. Consultado el 9 de febrero de 2010 en <http://www.greatachievements.org>

Sobre los autores

Gilberto Santos Nieves

Ingeniero Electrónico
gilbertsan24@gmail.com

Milton Javier Muñoz Neira

Ingeniero Electrónico, Especialista en Automatización (c)
mmunoz@unisangil.edu.co

Jorge Gómez Rojas

Ingeniero Electrónico, Magister en Telecomunicaciones.

jorgomezr@gmail.com

Fundación Universitaria de San Gil (UNISANGIL)

Sede San Gil, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Ingeniería Electrónica. Carrera 7 No 14 – 34, San Gil, Santander (Colombia).

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.