

# Estado actual de la investigación de **Ingeniería Industrial** en las instituciones de educación superior de Bogotá



Autores

**Andrés Mauricio Díaz.** *Fundación Universitaria Agraria de Colombia*  
**Andrés Mauricio Hualpa Zúñiga.** *Universidad Cooperativa de Colombia*  
**Carolina Suárez Roldán.** *Universidad Cooperativa de Colombia*  
**Lina Rocío Acosta Castro.** *Universidad de la Salle*  
**Nelson Vladimir Yepes.** *Universidad Agustiniana*  
**Yenny Alexandra Martínez Ramos.** *Universidad Agustiniana*

**ASOCIACIÓN COLOMBIANA  
DE FACULTADES DE INGENIERÍA**

Carrera 68D 25B 86 Of. 205  
Edificio Torre Central, Bogotá, D.C., Colombia, Suramérica  
PBX: 57 (1) 427 3065  
acofi@acofi.edu.co www.acofi.edu.co

ISBN: XXX-XXX-XXX-XXX-X

Junio de 2015

Impreso en Colombia

Autores:

Andrés Mauricio Díaz

Andrés Mauricio Hualpa Zúñiga

Carolina Suárez Roldán

Lina Rocío Acosta Castro

Nelson Vladimir Yepes

Yenny Alexandra Martínez Ramos

Producción gráfica:

Opciones Gráficas Editores Ltda.

Tels: 51(1) 224 1823 / 430 1962 Bogotá

www.opcionesgraficas.com

## TABLA DE CONTENIDO

Introducción	5
<b>1. Estado del arte de la investigación</b>	9
1.1. Estructura o esquema de investigación	9
1.2. Formas, enfoques y tipos de investigación	11
1.3. Importancia de la investigación universidad, empresa Estado para el desarrollo del país	18
1.4. La investigación en los programas de ingeniería industrial en Colombia	21
<b>2. Tabulación, análisis e interpretación de la información</b>	27
2.1. Resultados	31
<b>3. Prospectiva de la investigación</b>	50
Conclusiones	63
Referencias	67



# Introducción

Investigar es cuestionar y cuestionarse, plantearse interrogantes sustanciales en procesos de ensayo y de error, lo cual implica revisar la historia, los avances y pensamientos de otros utilizando fuentes de información. Es decir, investigar es sistematizar la experiencia, develar misterios y proyectar sueños (Rico, 1996). Por su parte, Niño (2007) define la investigación como un proceso formal, estructurado, rígido, interdisciplinario y sistemático, basado en hechos verificables conectados de manera lógica para concluir en conocimiento científico no conocido o comprobado.

Si se compara el desarrollo de la investigación en países como Colombia y Brasil, se encuentra que existe un rezago internacional en Colombia en cuanto a la formación de Ph.D. y profesionales con maestría, puesto que las universidades públicas de Brasil gradúan más de 8000 Ph.D. y alrededor de 20.000 profesionales con maestría, apoyados en 15.000 grupos de investigación distribuidos en 268 instituciones. O sea que más del 90 % de estos grupos están bajo la responsabilidad de universidades y centros de investigación (Ministerio de Educación Nacional, 2005). La falta de proyección e importancia de la investigación en Colombia está llevando a la pérdida de autonomía y creatividad, y está prologando un proyecto integral de desarrollo social. Méndez (2000) manifiesta: "...somos un país sin verdadera capacidad de pensar... Hemos llegado a ser una nación sin discernimiento. Nos asaltan las ideas foráneas y no tenemos ideas propias para contrarrestarlas, por lo menos para sopesarlas con buen criterio".



A continuación se nombran algunas de las estructuras organizativas más importantes en temas de investigación en Colombia, que aunque han desempeñado una buena labor aún les falta para igualar los niveles de desarrollo de investigación de otros países de Latinoamérica:

Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias): se estructura a partir del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, adscrito a la Presidencia de la República. De este consejo forman parte el Presidente de la República, el director del Departamento Nacional de Planeación, cuatro ministros, cuatro rectores de universidades, dos investigadores y dos empresarios. Su función es generar la política de ciencia y tecnología en toda la nación y coordinar los esfuerzos. Allí se impulsó primero la política de formar colombianos en el nivel doctoral en el exterior y ahora la de hacerlo en Colombia, lo cual comenzó a funcionar en el 2002. Allí se han defendido y utilizado los incentivos tributarios para la inversión privada. En general, hay resultados importantes en la formulación de la política, mientras que no los hay al coordinar esfuerzos (Cardoso, 2002).

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCYT): su creación fue promovida por Colciencias, con el propósito de apoyar los procesos de toma de decisiones en materia de investigación e innovación por medio del diseño, producción y difusión de indicadores de ciencia, tecnología e innovación (CTI). El OCYT es una institución del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) dedicada a producir conocimiento sobre la dinámica y el posicionamiento del sistema mediante el diseño, producción, integración, interpretación y difusión de estadísticas e indicadores, para orientar y evaluar las políticas y la acción de los actores del SNCTI (Observatorio Colombiano Ciencia y Tecnología, 2014).

A partir de esta realidad, en el marco de las reuniones de directores de programa del Capítulo de Ingeniería Industrial de ACOFI, en marzo del 2012 se conformaron varias comisiones de trabajo, entre ellas la de investigación, cuyo objetivo principal se centró en determinar el estado actual de esta área en los programas de ingeniería industrial de las instituciones de educación superior de Bogotá, e identificar las tendencias de investigación, desarrollo e

innovación (I+D+i) y las necesidades del sector productivo para determinar propuestas de intervención.

Para comenzar el estudio, se definió la población por considerar y se diseñaron dos instrumentos de medición aplicados a las instituciones, los cuales buscan caracterizar los aspectos relevantes en torno a grupos, semilleros, productos o publicaciones, líneas de investigación, impacto, participación en convocatorias y asignación de recursos.

Con la información obtenida de las instituciones y la consulta de fuentes secundarias en Colciencias y Redcolsi, se lleva a cabo el análisis de datos y la documentación del presente fascículo.





## 1. ESTADO DEL ARTE DE LA INVESTIGACIÓN

Para conocer la particularidad de la investigación en los programas de ingeniería industrial en Bogotá, es indispensable partir de la generalidad en Colombia. Por ello, en este capítulo se realiza un recorrido por algunos aspectos relacionados con la estructura de la investigación, los tipos, su importancia y una visión desde la academia, la empresa y el Estado con miras al desarrollo del país, y finalmente se relaciona el avance de la investigación en los citados programas en el ámbito nacional.

### 1.1. Estructura o esquemas de investigación

Las universidades de investigación surgieron a principios del siglo XX en Estados Unidos y Europa (Atkinson & Blanpied, 2008) donde la función social de las universidades está cambiando de manera cada vez más generalizada (Owen-Smith, 2003), es decir, han pasado de ser depositarias del conocimiento y la cultura a ser formadoras de cuadros profesionales. Por lo anterior, algunas se convirtieron en universidades de investigación, y acumularon no sólo grandes capitales de conocimiento sino capacidades de investigación en la infraestructura, en las condiciones institucionales y en la madurez de sus grupos de investigación (Arechavala, 2010).

Al definir la estructura, las universidades estudian aspectos como el contexto geopolítico, el nivel de inversión en I+D, la capacidad y potencial científico y tecnológico de la región y el país, la sostenibilidad del país en ciencia, tecnología e innovación (CTI), entre otros. Helen Hazelkorn (2012) identifica tres modelos de la estructura de la investigación:

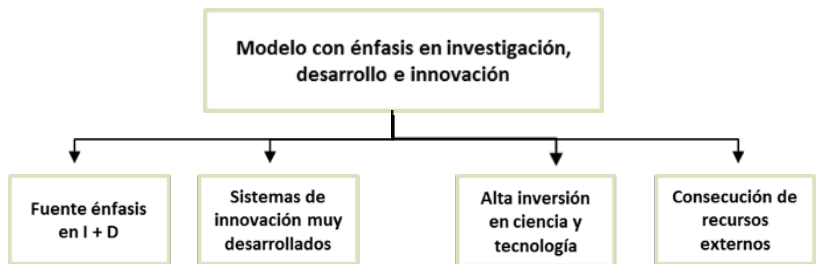


Figura 1. Modelo con énfasis en investigación, desarrollo e innovación.

Fuente: elaboración propia.



El modelo que se relaciona en la figura 1 requiere alto nivel de recurso humano, lo cual implica vincular docentes con formación doctoral y posdoctoral que dediquen gran tiempo a investigación, desarrollo e innovación, e igualmente trabajen en la divulgación del conocimiento en medios científicos, como la publicación de artículos en revistas de alto estándar. Otro aspecto de importancia es validar y compilar los resultados de la investigación, razón por la cual es necesario contar con laboratorios, institutos o centros de investigación.

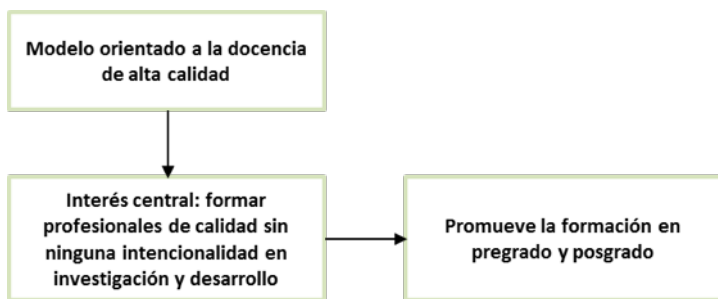


Figura 2. Modelo orientado a la docencia de alta calidad.

Fuente: elaboración propia

La investigación y el desarrollo no son un principio por desarrollar en la estructura (figura 2). Los profesores se dedican exclusivamente al perfeccionamiento de la formación profesional.



Figura 3. Modelos de universidades equilibradas o combinadas.

Fuente: elaboración propia.

En este modelo los profesores están adscritos a los departamentos académicos, grupos o centros de investigación de las facultades o divisiones académicas y establecen horas de docencia en pregrado, posgrado e investigación. Las universidades iberoamericanas tienen este modelo y las colombianas que hacen investigación se adecúan a esta estructura. En la figura 3 se establece que la investigación universitaria de modelos provenientes de la articulación de la docencia e investigación obedece a procedimientos derivados en gran medida de las alianzas administrativo-académicas. Es esencial mencionar que la investigación en este contexto se orienta a la aplicación, es decir, a solucionar problemas de las empresas, el Gobierno y la sociedad, muy enfocada en la innovación, sin desconocer la importancia que requieren las publicaciones científicas en los *rankings* internacionales.

## **1.2. Formas, enfoques y tipos de investigación**

En el proceso investigativo es importante determinar la forma, el enfoque y el tipo de investigación puesto que orienta el alcance y el manejo metodológico para desarrollarla y evitar equivocaciones en la elección del método, para resolver de forma científica el problema de estudio (Tamayo, 2009).

De acuerdo con Tamayo (2009), el propósito de la investigación define la clasificación de la forma. Ésta puede ser pura y aplicada. La pura consiste en el desarrollo de teorías basadas en principios y leyes y es fundamental para llevar a cabo la aplicada, puesto que permite confrontar la teoría con la realidad mediante la solución de problemas.

Por otra parte, el enfoque puede ser cuantitativo o cualitativo. El primero se fundamenta en la medición de las variables y sus relaciones, razón por la cual se debe verificar al establecer la hipótesis y validar las teorías anunciadas. El segundo, en cambio, se basa en un proceso inductivo en el que se explora, se describe y luego se generan perspectivas teóricas sin proceder a comprobaciones muy rígidas de la realidad objeto de estudio. En otras palabras, va de lo particular a lo general (Hernández, Fernández & Baptista, 2006). En razón de esto se puede decir



que la investigación cualitativa y la cuantitativa son diferentes desde el punto de vista epistemológico, pero complementarias en el metodológico. En la figura 4 se presentan las características de estos dos enfoques.

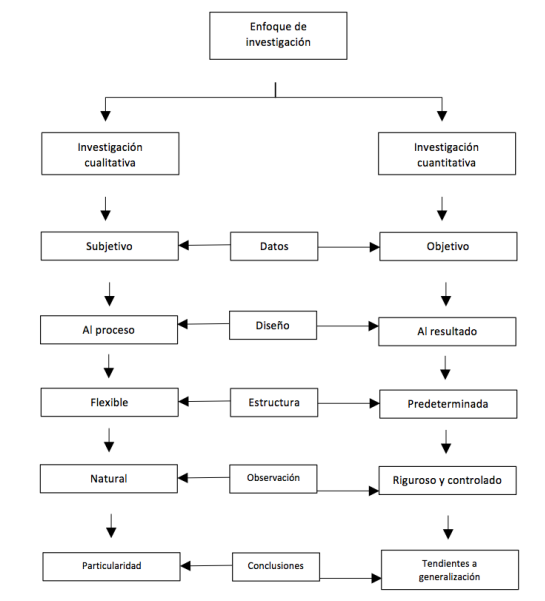


Figura 4. Enfoques de la investigación.

Fuente: elaboración propia. Información tomada de Tamayo (2009)

En la literatura se presenta una variada clasificación en los tipos de investigación. Desde el punto de vista clásico se identifica la investigación histórica, descriptiva y experimental, que es una de las clasificaciones más reconocidas por la comunidad científica (Abouhamad, 1965). Sin embargo, de ésta se han derivado la correlacional y la experimental, entre otras (Tamayo, 2009). Hernández (2006), en lugar de considerar tipos de investigación establece que un estudio puede tener cuatro alcances: exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo. En relación con lo anterior, se encuentra una clasificación más amplia de los tipos de investigación propuesta por Hurtado (1998) en el que expone nuevos tipos como entre ellos la investigación proyectiva,

la interactiva, la confirmatoria y la evaluativa. En la tabla 1 se presentan los conceptos de los tipos de investigación que se han estudiado.

Tabla 1. Conceptos de los tipos de investigación

Tipo de investigación	Autor Jacqueline Hurtado de Barrera Concepto	Autores Hernández, Fernández y Baptista Concepto	Autor Mario Tamayo Concepto
<b>Histórica</b>	—	—	Busca reconstruir el estado de manera objetiva, con base en evidencias documentales confiables. Depende de fuentes primarias y secundarias.
<b>Exploratoria</b>	Se aplica cuando el tema por investigar es poco conocido o está escasamente definido.	Se realiza si el objetivo es examinar un tema poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura revela que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio.	—



Tipo de investigación	Autor <b>Jacqueline Hurtado de Barrera Concepto</b>	Autores <b>Hernández, Fernández y Baptista Concepto</b>	Autor <b>Mario Tamayo Concepto</b>
<b>Descriptiva</b>	Su objetivo central es describir o caracterizar el evento de estudio dentro de un contexto particular.	Tiene por objeto medir, evaluar o recolectar datos sobre diferentes conceptos (variables), aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno por investigar.	Describe características de un conjunto de sujetos o áreas de interés. Se interesa en describir mas no en explicar.
<b>Comparativa</b>	Su propósito es identificar diferencias o semejanzas con respecto a la aparición de un evento en dos o más contextos, grupos o situaciones dispares.	—	—
<b>Análitica</b>	Se propone analizar un evento mediante un procesamiento reflexivo, lógico, cognitivo que implica abstraer pautas de relación interna de una situación o fenómeno.	—	—

Tipo de investigación	Autor Jacqueline Hurtado de Barrera Concepto	Autores Hernández, Fernández y Baptista Concepto	Autor Mario Tamayo Concepto
<b>Explicativa</b>	Su objetivo es detectar relaciones entre eventos sin ejercer control en las variables.	Esta investigación va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; está dirigida a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos y sociales.	—
<b>Correlacional</b>	—	Su objeto es conocer la relación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto particular. Su utilidad principal es saber cómo se puede comportar un concepto o una variable al conocer el comportamiento de otras variables relacionadas.	Determina la variación en unos factores en relación con otros. Indicada para establecer relaciones estadísticas entre características y fenómenos, pero no conduce directamente a relaciones de causa-efecto entre ellos.
<b>Predictiva</b>	También denominada "investigación de pronóstico", su propósito es prever o anticipar situaciones futuras.	—	—



Tipo de investigación	Autor Jacqueline Hurtado de Barrera Concepto	Autores Hernández, Fernández y Baptista Concepto	Autor Mario Tamayo Concepto
<b>Proyectiva</b>	También denominada proyecto factible, consiste en elaborar una propuesta o un modelo como solución a un problema o necesidad de tipo práctico.	—	—
<b>Interactiva</b>	Implica que el investigador lleve a cabo acciones solo o con un grupo o comunidad, con el propósito de modificar una situación o evento.	—	—
<b>Confirmatoria</b>	Se ocupa de verificar hipótesis referidas a relaciones entre eventos o variables, derivadas de explicaciones o teorías.	—	—
<b>Evaluativa</b>	Tiene como objeto valorar a confrontación y a juicio la efectividad de un proceso, en cuanto al cumplimiento de los objetivos, en correspondencia con el contexto en el cual ocurre el evento.	—	—



Tipo de investigación	Autor Jacqueline Hurtado de Barrera Concepto	Autores Hernández, Fernández y Baptista Concepto	Autor Mario Tamayo Concepto
Diseño de investigación integrativo: corresponde a la forma como se va a desarrollar la investigación. Se definen tres clases de diseño de investigación	Diseño exposfacto. Su propósito es verificar hipótesis, de modo que el investigador observa el evento después de que los procesos generadores han ejercido su influencia.	—	Busca establecer relaciones de causa-efecto, después de que este último ha ocurrido y su causa se ubica en el pasado. Es útil en situaciones en las que no se puede experimentar.
	Diseño cuasiexperimental. Se aproxima a la investigación experimental pero no cumple todas las condiciones de rigurosidad que tienen los diseños experimentales.	—	Estudia relaciones de causa-efecto pero no en condiciones de control riguroso de todos los factores que pueden afectar el experimento. Por tal razón es apropiado en situaciones naturales en las que no es posible el control.
	Diseño experimental. Contiene una estructura o estrategia para el estudio preciso de un evento, siempre que cumpla dos condiciones básicas: manipulación y aleatorización.	—	Es aquella que permite establecer con más seguridad relaciones de causa-efecto. Usa grupos experimentales y de control. El investigador manipula el factor supuestamente causal, mediante un procedimiento al azar para selección y asignación de sujetos y tratamientos.



### **1.3. Importancia de la investigación universidad-empresa-Estado para el desarrollo del país**

La universidad, en cuanto institución, ha tenido siempre como responsabilidad el cultivo y la gestación del conocimiento en su esencia más profunda, la estructuración de un pensamiento crítico social que permita dilucidar diferencias, acompañado por supuesto de un alto componente en investigación que impulse la transformación de la sociedad.

Por su parte, la ingeniería industrial surge de la aplicación del método científico de Taylor, lo cual legitimó nuevas teorías orientadas a dirigir y organizar la producción. Estos conceptos, que dieron vida a la profesión, han ido evolucionando en el tiempo, dado el dinamismo de las mismas organizaciones y a que en la academia se han ido incorporando mediante la generación de nuevas teorías que se han insertado en los planes curriculares y han redundado en la mejora de los procesos en las empresas. Sin embargo, esto no es suficiente puesto que se deben alinear las necesidades actuales del mundo con la generación de nuevos conocimientos, lo cual implica una significativa transformación desde lo académico, mientras los procesos de investigación en ingeniería industrial busquen la consolidación entre la realidad y la teoría (Díaz, 2010).

Por lo anterior, se precisa de las instituciones de educación superior en Colombia un carácter más formal y riguroso a la investigación en esta profesión, en aras de contribuir con la producción de nuevos conocimientos, mejorar las tecnologías e innovar en materia de productos y servicios que garanticen la sostenibilidad y sustentabilidad del país.

Si bien las universidades tienen un enorme compromiso con la investigación, no se puede entender el avance del país sin la participación activa de los otros dos protagonistas de la tríada (Estado y sector empresarial) en procesos de investigación que conduzcan al desarrollo económico y social con igualdad, equidad, justicia y paz. Por una parte, el Estado como ente regulador es el que debe proveer los recursos para el fomento de la práctica investigativa y la formación de individuos que difundan su conocimiento y aporten al crecimiento científico,

cultural, social y tecnológico; por otra, la empresa tiene como responsabilidad “la transferencia de conocimiento para la modernización y la transformación de la industria a partir del desarrollo de proyectos de innovación y desarrollo tecnológico”<sup>1</sup>, mediante la investigación aplicada.

Resulta entonces fundamental que en el marco del fomento al Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Investigación (SNCTI) –que viene propiciando el Estado colombiano, dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 con una alianza fuerte entre universidad, Estado y empresa– en las que se plantean estrategias claramente definidas, que le apuntan al fomento de la apropiación social de ciencia, tecnología e investigación (CTI), a la consolidación de capacidades para CTI, a la transformación productiva y al apoyo a la formación avanzada de investigadores, todo esto acompañado de políticas de financiación de proyectos de investigación y desarrollo, de formación de recurso humano, de incentivos fiscales y otras ayudas, lo cual implica una sinergia entre estos actores a fin de mejorar los niveles de competitividad del país.

Por esto, para Colciencias es imprescindible consolidar el SNCTI mediante el Programa Nacional de Fomento a la Formación de Investigadores, con acciones que se “enmarcan en la transformación productiva por medio de la incorporación de valor en el desarrollo de procesos, bienes, productos y servicios, generados a partir del uso y la aplicación del conocimiento en la solución y mejoramiento del quehacer empresarial y el fortalecimiento del capital humano entre los actores del SNCTI”<sup>2</sup>.

En razón de lo anterior, el fortalecimiento de las estructuras de investigación, tales como centros de investigación y desarrollo tecnológico, grupos y semilleros de investigación, formación de los investigadores, movilidad nacional e internacional, generación, gestión y transferencia de conocimiento, productos tecnológicos, divulgación y publicaciones científicas, deben ser

---

<sup>1</sup> Mintic, Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de los sectores de electrónica, tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). Disponible en: [http://www.ftii.gov.co/Images/Recursos/5\\_Plan\\_Nacional\\_de\\_CTI.pdf](http://www.ftii.gov.co/Images/Recursos/5_Plan_Nacional_de_CTI.pdf).

<sup>2</sup> “Desarrollo tecnológico e innovación industrial”. Recuperado de [http://www.colciencias.gov.co/programa\\_estrategia/desarrollo-tecnologico-e-innovacion-industrial](http://www.colciencias.gov.co/programa_estrategia/desarrollo-tecnologico-e-innovacion-industrial) el 15 de septiembre de 2014.



la prioridad tanto para las universidades como para las empresas y el Estado, de tal manera que el SNCTI se convierta en la estrategia que permita abordar la transformación productiva que el país requiere y se llegue a regiones en las que el atraso es marcado, lo cual posibilita la construcción de condiciones más favorables para el desarrollo integral y el mejoramiento de los índices de competitividad.

En ese sentido, el “Estado comunitario: desarrollo para todos” propone que “la estrategia de competitividad al 2032 base sus disposiciones de transformación productiva en el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación, y el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010”<sup>3</sup> lo cual marca una ruta sobre la necesidad de avanzar en materia de productividad y competitividad del país y traza un norte claro hacia donde se deben orientar los esfuerzos en investigación.

Una de las necesidades fundamentales mencionada en el Plan Estratégico de Desarrollo Tecnológico, Industrial y Calidad (PDTIC) 2005-2015, plasma la “búsqueda de cambios en los patrones tecnológicos de especialización en la industria colombiana, el impulso a la innovación para la competitividad y la sostenibilidad, tanto en las tecnologías duras (físicas) como en las blandas (sociales)” (Colciencias, 2005). Esto evidencia el papel imprescindible de la ingeniería en la transformación social, económica y científica para hacer de éste un país altamente competitivo, de cara a las grandes transformaciones del mundo, al cual no es ajeno.

Por lo anterior, el papel que se debe asumir en las facultades de ingeniería, en particular de ingeniería industrial, es el de fortalecer la capacidad de respuesta tecnológica, lo cual se dará en la medida en que se afiancen las competencias del factor humano para responder acertadamente a las demandas de innovación. De ahí la trascendencia de la formación en análisis, innovación e investigación en las universidades.

---

<sup>3</sup> “Colombia construye y siembra futuro. Política nacional de fomento a la investigación y la innovación. Recuperado de [http://www.cna.gov.co/1741/articles-311056\\_ColombiaConstruyeSiembraFuturo.pdf](http://www.cna.gov.co/1741/articles-311056_ColombiaConstruyeSiembraFuturo.pdf) el 15 de septiembre de 2014.

#### **1.4. La investigación en los programas de ingeniería industrial en Colombia**

Es evidente que en los procesos de formación en ingeniería debe existir una base sólida en el componente de ciencias básicas y aplicadas, que posibilite la promoción de la investigación y además genere en los profesionales una competencia significativa en materia de producción de proyectos de investigación científica e innovación tecnológica.

Cabe anotar que la investigación científica no es exclusiva de las profesiones dedicadas a las ciencias como las matemáticas, física, química y biología; si bien la ingeniería desarrolla muchos proyectos de investigación aplicada, es erróneo pensar que no se puede hacer investigación científica en esta rama del conocimiento, tal y como lo plantea Téllez (2011): “el ingeniero utiliza los conocimientos de otros científicos que sí hacen ciencia”, en cuanto participan activamente en los procesos de investigación, desarrollo e innovación.

En contraposición a lo expresado por Téllez, es importante recoger la afirmación de Arango Tobón (2007), con respecto a que “la esencia de la investigación científica radica en la concepción de una idea que proporcione los elementos conceptuales y hasta cierto punto metodológicos para que el investigador de un área particular de la ciencia, tenga una estructura central que guíe y oriente su trabajo investigativo. Otro aspecto interesante por tener en cuenta dentro de la investigación científica es el análisis detallado de los antecedentes que posibilitará un conocimiento de lo que otros han hecho con respecto al área de interés del investigador”. Esto afirma de alguna manera que el ingeniero, en efecto, sí hace investigación científica, bien sea produciendo sus propios proyectos o recogiendo investigaciones de otras áreas del conocimiento y otros científicos, para aplicar a futuros productos de innovación. No se puede pensar, entonces, que el desarrollo tecnológico no sea parte de un proceso de investigación científica, ni que el ingeniero no sea quien lleve a cabo estos proyectos de investigación e incluso que no sea generador de nuevos conocimientos. Por el contrario, a partir de muchas de las ideas plasmadas en proyectos de investigación científica en ingeniería, mediante la indagación y modelación científica, por



medio de la construcción de modelos y herramientas matemáticas se han producido resultados importantes en materia de nuevos productos, procesos y artefactos que han mejorado la calidad de vida de los individuos.

Es de señalar, según cita Téllez (2011), “que la investigación científica contempla tres estadios de la investigación: básica, aplicada y básica dirigida; la primera busca el desarrollo de la naturaleza, la segunda busca fines utilitarios del conocimiento obtenido en la investigación básica y la tercera se conecta a largo plazo con aplicaciones tecnológicas en el futuro”, aquí cabe precisar nuevamente que la participación del ingeniero debe verse en cada uno de los anteriores estadios, aunque el papel más importante se da en las últimas dos etapas.

En ese orden de ideas, se puede decir que la ingeniería industrial debe sus orígenes a los estudios de investigación aplicados por Frederick Taylor, quien utilizó el método científico para realizar experimentos que permitieron analizar y teorizar respecto de la especialización del trabajo y las tareas de los trabajadores, lo que dio vida al estudio de métodos, tiempos y movimientos, que ha sido de gran utilidad en la evolución histórica del desarrollo industrial, con algunos elementos que se mantienen vigentes y las técnicas y herramientas que a través del tiempo se han ido transformando con la incorporación de nuevos conocimientos, producto de numerosas investigaciones que hoy le dan más fuerza a esta disciplina.

Esto conduce nuevamente al proceso de formación, en el que las universidades juegan un papel preponderante ya que el ingeniero industrial, en su paso por el pregrado, debe adquirir una formación técnica que le proporcione un perfil analítico-matemático para dar respuesta a los requerimientos no sólo de la industria sino de las demandas sociales. Este argumento se respalda en lo mencionado por Vaughn (1988), quien sustenta que “La formación técnica es la base de la ingeniería industrial, pero además de confluir con una formación en factores humanos, por ende el ingeniero industrial es un producto de la confluencia de estas dos corrientes del saber: humanidades e ingeniería”, lo cual da cuenta que desde lo técnico y lo científico se soporta la investigación que permite dirigir proyectos de mejora en las organizaciones industriales y sociales.

Al explorar en los resultados de la investigación en ingeniería industrial a lo largo de su existencia, se va a encontrar que desde el mismo diseño de los productos, procesos, equipos y puestos de trabajo, pasando por las estructuras administrativas, se han logrado transformaciones que han permitido a muchas organizaciones optimizar los sistemas productivos mediante técnicas que día a día van mejorando, en procura de un mayor equilibrio económico y social.

Llevar a cabo un análisis de la investigación en ingeniería industrial implica realizar un sondeo que permita validar el quehacer de los grupos de investigación de esta disciplina. Para efectos de este estudio se parte de la información sobre los grupos de investigación registrados y categorizados por Colciencias a partir de la convocatoria correspondiente al 2013, cuyos resultados se conocieron en el 2014. Esta información incluye datos como universidad o institución, antigüedad, categoría e intereses investigativos, con base en las líneas de investigación definidas por cada uno de ellos.

**Grupos de investigación de ingeniería industrial en Colombia.** Con base en lo expuesto anteriormente, se debe acotar que actualmente en Colombia existen 98 grupos de investigación de los programas de ingeniería industrial registrados en la plataforma de Colciencias<sup>4</sup>, de diversas universidades, que desarrollan proyectos relacionados con la disciplina, en busca de las soluciones que el país requiere.

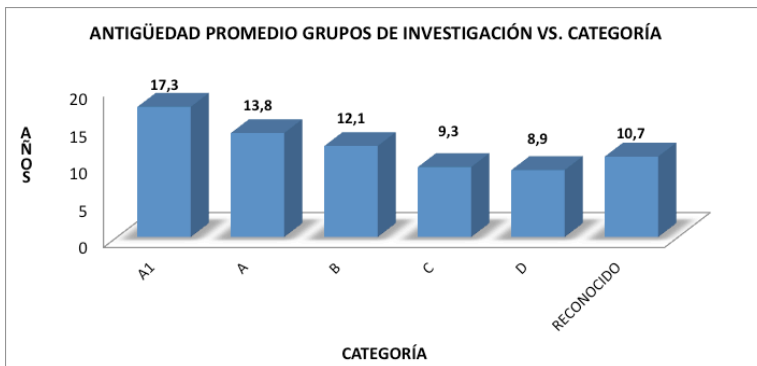
**Antigüedad de los grupos de investigación de ingeniería industrial.** Se observa que la investigación en ingeniería industrial en el país se encuentra bastante consolidada, con grupos cuya antigüedad promedio es de 10,81 años (gráfica 1). Se identifica lógicamente una mayor fortaleza en aquellos grupos con más trayectoria, lo cual indica una continuidad en los grupos de investigación que les genera gran madurez y procesos de investigación consolidados. Esto se ve reflejado

<sup>4</sup> Colciencias. Recuperado de <http://scienti.colciencias.gov.co:8083/ciencia-war/BusquedaGrupoXArea.do?jsessionid=00412E69BE69A6231090EA2208A6410C> el 24 de septiembre de 2014.

<sup>5</sup> Sergio Clavijo, Alejandro Vera y Alejandro Fandiño. Desindustrialización en Colombia. ¿Qué hacer ahora? Revista Actualidad Económica, Bancóldex, 2013. Consultado el 5 de mayo de 2015.



en el comparativo de los grupos de todas las instituciones que ofrecen el programa de ingeniería industrial a escala nacional. Sin embargo, se puede inferir que es muy reciente el inicio de la investigación en este programa profesional, lo que repercute en el poco desarrollo tecnológico de muchas de las empresas en Colombia, lo cual confirman Clavijo, Vera y Fandiño en su estudio sobre la desindustrialización en Colombia<sup>5</sup>, “Es evidente la falta de competitividad de nuestro sector industrial y la tensión que está generando la entrada en vigencia de los TLC con Estados Unidos y Europa”. Sobre este problema plantean que: “Toda esta restructuración industrial resultará inocua si el Gobierno no acelera la dotación de bienes públicos e implementa la llamada “agenda transversal. Dicha agenda incluye la dotación de mejor infraestructura de transporte; el abaratamiento en los costos de energía-gas; **una mejor educación aplicada a los procesos productivos**; y el abaratamiento del CLU a través de la flexibilización del mercado laboral”.



Gráfica 1. Categorización de grupos de investigación en ingeniería industrial vs. antigüedad.

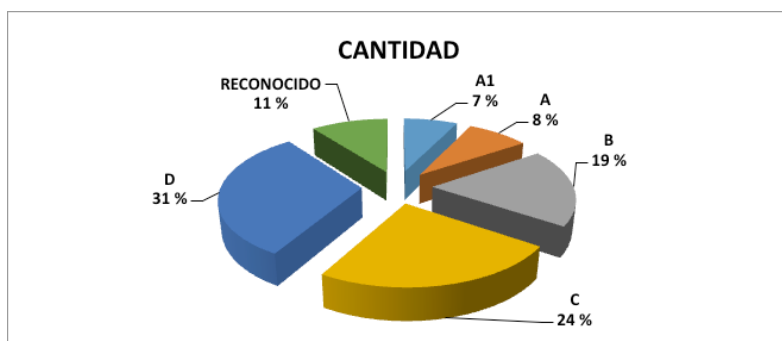
Fuente: elaboración propia con base en información de Colciencias

### **Categorización en Colciencias de los grupos de investigación en ingeniería industrial en Colombia.**

Dada la madurez de los grupos de investigación en el programa de ingeniería industrial, se puede establecer que los que se encuentran en las categorías más elevadas, A1 y A, representan



sólo el 7 y el 8 %, respectivamente (gráfica 2). Lo anterior se debe a la producción intelectual, el desarrollo de *software*, las patentes de nuevos productos, diseños y procesos, así como la generación de conocimiento, de acuerdo con las necesidades de la industria y el desarrollo de la nación.



Gráfica 2. Categorización en Colciencias de los grupos de investigación en ingeniería industrial en Colombia.

Fuente: elaboración propia con base en información de Colciencias.

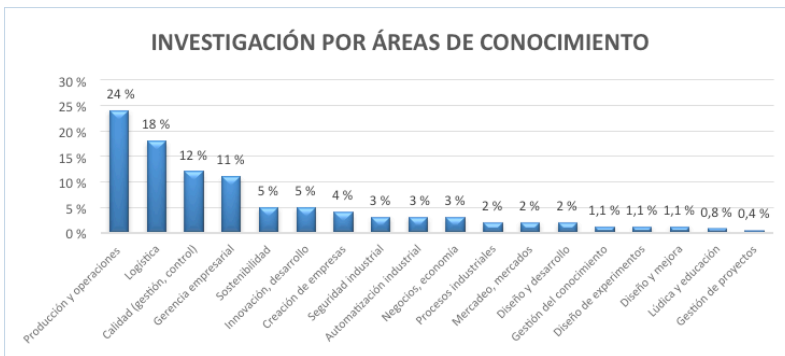
Se observa que la gran mayoría de grupos de investigación están categorizados en el nivel más bajo (31 %), reflejo de la poca inserción que se tiene frente a las necesidades de generación de nuevo conocimiento; las categorías intermedias B y C, en su orden con 19 y 24 %, muestran una tendencia de estos grupos a mejorar su posición con productos y proyectos de mayor impacto que les permitan más trascendencia y visibilidad.

Áreas de **conocimiento más representativas de investigación en ingeniería industrial**. Por otra parte, se observa en la gráfica 3 la tendencia acerca del interés investigativo en la ingeniería industrial. Al respecto se obtuvo que el mayor interés de las líneas de investigación apuntan al desarrollo de productos y proyectos de investigación relacionados con los temas de producción, operaciones y manufactura, con un 24 %, lo cual es coherente con el eje central de la disciplina y con su propósito fundamental de dar respuesta a la mejora y desarrollo de productos y procesos productivos. Lo anterior, a pesar de que la desindustrialización en Colombia es cada vez más



marcada. En esta área se concentran los temas de producción, productividad, mejora de procesos productivos, gestión, dirección e investigación de operaciones y las herramientas que la conforman. Un segundo renglón lo ocupa la logística con un 18 %, área que denota un importante crecimiento y gran interés para los investigadores, en razón de la necesidad de trabajar un frente distinto de la producción, para convertirse en campo de acción alterno a la aplicación del conocimiento que aporta la ingeniería industrial, como respuesta a las nuevas realidades organizacionales. En relación con lo anterior, se refiere Joacyr Flórez Andrade, docente de la Universidad del Valle de Bolivia: “Las empresas están descubriendo la importancia que tiene la logística, no sólo como una estrategia competitiva, para reducir costos y, lo más importante, para dar un excelente servicio al cliente, todo ello a costos razonables”.

A partir de esta premisa emerge el desarrollo de investigaciones dirigidas al diseño y análisis de diversos modelos logísticos y aplicación de tecnologías que permitan elevar la competitividad de las compañías.



**Gráfica 3. Áreas de conocimiento más representativas en la investigación en ingeniería industrial.**

Fuente: elaboración propia con base en información de Colciencias

Un tercer tema que cobra relevancia es el de la gestión de calidad, como lo indica el 12 %, lo cual obedece a la necesidad de las organizaciones de responder a la globalización y ajustar sus procesos a los esquemas que tienden a hacer de éstas

compañías de clase mundial. Frente a esta área del conocimiento surge el interés de investigar sobre la incidencia de la calidad en las empresas y el diseño de sistemas que propicien resultados de alto impacto en ellas.

Una línea de conocimiento que ha crecido en interés para la investigación en ingeniería industrial es la que tiene que ver con la dirección y gestión Empresarial (11 %), cuya importancia radica en la posibilidad de evaluar las corrientes administrativas y de dirección organizacional para aplicarlas en escenarios reales. Este tema se considera complementario en la formación de los ingenieros industriales, y de gran relevancia, dado que dentro de los perfiles ocupacionales de algunas universidades contemplan la orientación hacia la gerencia, dirección y liderazgo empresarial, posibilitando la formulación y solución efectiva de problemas que a la vez le generen habilidades para la toma de decisiones en cualquier tipo de organización empresarial.

Aspectos como la sostenibilidad y la gestión ambiental se han convertido en temas transversales, que representan un 5 % en cuanto a la importancia para la investigación en ingeniería industrial. Su interés radica en las corrientes que apuntan a buscar solución a los problemas de contaminación mediante prácticas amigables con el medio ambiente. Por ello en esta línea se contempló lo relacionado con producción más limpia.

## **2. TABULACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Teniendo en cuenta los referentes presentados en la estructura de este fascículo, en los que se resalta, entre otros, el estado del arte, la investigación en las universidades y su importancia para el desarrollo del país, se ha definido un estudio de tipo exploratorio y descriptivo que se inicia con la realización de un instrumento de medición que permite recolectar datos mediante técnicas de encuesta y entrevista. Para Sampieri (1997), los estudios exploratorios se efectúan normalmente cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no se ha abordado antes, es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que únicamente hay guías no investigadas e ideas



vagamente relacionadas con el problema de estudio. En este caso, el objetivo es obtener información que permita determinar la capacidad de investigación en facultades o programas de ingeniería industrial en Bogotá.

De un tamaño poblacional de 31 universidades de Bogotá, se obtuvo respuesta de 22 directores /o personas encargadas del proceso investigativo en ingeniería industrial, lo que equivale al 70,96 % de aceptabilidad.

El instrumento se aplicó en tres etapas. La primera es una prueba piloto con siete instituciones de educación superior que corresponden al 22 % de la población, en la que se evalúan inicialmente 14 factores mediante 25 preguntas. Estos factores se presentan en la tabla 2.

**Tabla 2. Factores de evaluación**

1. Antigüedad del programa (años).	8. Medios de divulgación de la investigación.
2. Políticas de investigación.	9. Vinculación con redes de investigación nacionales e internacionales.
3. Asignación de responsable del proceso de investigación.	10. Grupos de investigación por departamento, programa o facultad y relación con otros grupos de investigación.
4. Convocatorias internas y tipos.	11. Grupos de investigación y productos de investigación.
5. Obtención de recursos (públicos y privados) y temas de investigación.	12. Semilleros de investigación y productos de investigación.
6. Fuentes de financiación.	13. Otros productos de investigación.
7. Entidades ante las cuales se han formulado proyectos.	14. Impacto de la investigación.

En una segunda etapa, se amplió y clasificó el instrumento de recolección de información, y se pasó de 14 factores de evaluación a 4 factores agrupados en políticas, grupos, semilleros e impacto de la investigación. Estos factores se derivaron en 8, 1, 2 y 4 criterios, respectivamente. La participación de instituciones de educación superior en esta segunda etapa fue de un total de 23 universidades en la ciudad de Bogotá.

Teniendo en cuenta que a finales del 2013, Colciencias generó la segunda versión del modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, fue necesario efectuar una tercera etapa que actualizó el instrumento aplicado en la etapa anterior. Esta actualización hizo que se incluyeran criterios de evaluación adicionales, manteniendo los mismos 4 factores previamente definidos. El instrumento de recolección de datos quedó conformado por un total de 32 preguntas.

Los factores y criterios de evaluación definidos para este instrumento se presentan en la tabla 3.

**Tabla 3. Factores y criterios de evaluación**

<b>Factores</b>	<b>Criterios</b>
1. Políticas de investigación	Existencia de políticas y cargos responsables de investigación.
	Tiempo de dedicación a la investigación.
	Generación de convocatorias internas de investigación.
	Participación en convocatorias internas y externas de investigación.
	Recursos asignados a la investigación en convocatorias internas y externas de investigación.
	Fuentes de financiación de proyectos de investigación.
	Inversión del sector privado en proyectos de investigación.
	Existencia de medios de divulgación de la investigación.
	Vinculación a redes de investigación.
	Factores de importancia en el desarrollo de proyectos de investigación.
Laboratorios asignados a proyectos de investigación.	



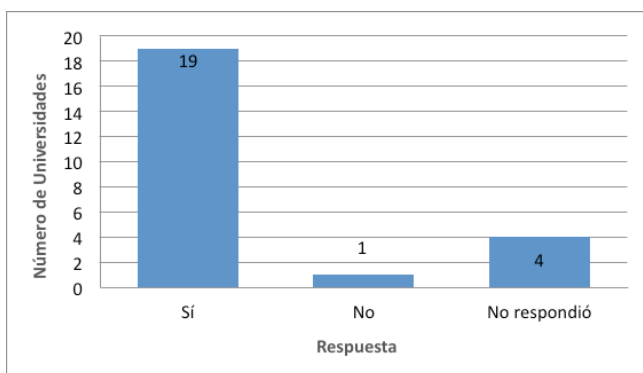
Factores	Criterios
2. Grupos de investigación.	<p>Número de grupos de investigación asociados al programa o facultad.</p> <p>Estudiantes, docentes, jóvenes investigadores asociados al grupo.</p> <p>Empresas asociadas al grupo.</p> <p>Líneas de investigación del grupo.</p> <p>Relación con otros grupos de investigación.</p> <p>Productos generados por el o los grupos.</p>
3. Semilleros	<p>Número de semilleros de investigación asociados al programa o facultad.</p> <p>Productos generados por el o los semilleros.</p> <p>Convocatorias de semilleros de investigación durante los últimos cinco años.</p> <p>Participación de semilleros en ponencias y pósteres, entre otros,</p> <p>Impacto local, departamental, regional, nacional o internacional de la investigación de la facultad o programa.</p> <p>Sector impactado por la investigación de la facultad o programa.</p>
4. Impacto	<p>Temas, campos o líneas de investigación del programa.</p> <p>Eventos investigativos realizados por la facultad o programa.</p> <p>Publicaciones de la facultad o programa citadas durante los últimos cinco años.</p> <p>Herramientas de medición para medir el impacto de la investigación en la facultad o programa.</p>

**Fuente:** elaboración propia

En esta tercera etapa participaron un total de 24 universidades. Se recopiló la información obtenida y se tabularon los datos para efectuar el análisis estadístico.

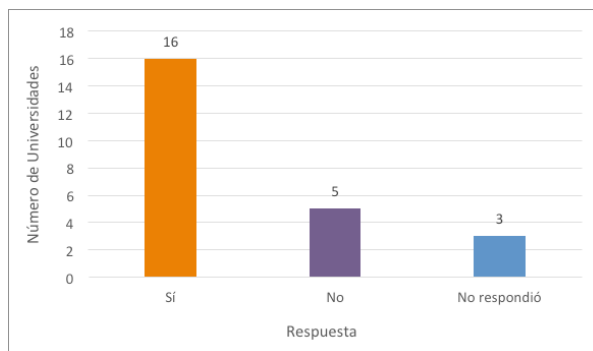
## 2.1. Resultados

A partir de la información recopilada en las universidades encuestadas mediante la aplicación de las herramientas descritas anteriormente, se obtuvieron los siguientes resultados:



Gráfica 4. Existencia de políticas de investigación.  
Fuente: elaboración propia

De las 24 universidades encuestadas, 19 (79 %) respondieron que **si** tienen políticas de investigación. Esto permite entender que el tema de investigación tiene importancia y relevancia para estas instituciones; sin embargo, es importante considerar que la existencia de políticas por sí solas no aseguran un activo desarrollo en la gestión investigativa y que se requiere definir e implementar estrategias orientadas a soportar el cumplimiento de estas políticas.



Gráfica 5. Existencia de un cargo responsable del proceso de investigación en el departamento, programa o facultad de ingeniería industrial.  
Fuente: elaboración propia



A la pregunta de si existe un cargo responsable del proceso de investigación en el departamento, programa o facultad de ingeniería industrial, se obtuvo respuesta de 21 universidades, de las cuales el 67 % cuenta con un cargo responsable y el 21 % no.

Al revisar el criterio de asignación de tiempo, se evidenció que 9 instituciones destinan hasta 10 horas semanales para actividades de investigación a la persona encargada de este proceso en el programa de ingeniería industrial, correspondiente a un 38 %; 5 entre 11 y 20 horas, equivalente al 21%; 3 entre 21 y 30 horas con un 3 %, y sólo 1 asigna más de 30 horas semanales, lo que representa un 4 %.

Considerando que el número mínimo de horas semanales asignadas es 3 y el máximo 37 y que existe personal encargado de las actividades de investigación, se podría pensar que su dedicación no es exclusiva para este tipo de labores y que se comparten responsabilidades. Esto puede ser un factor que afecte el desarrollo activo de los proyectos o que lleve a que la investigación se dilate en el tiempo, en periodos mayores a los esperados.

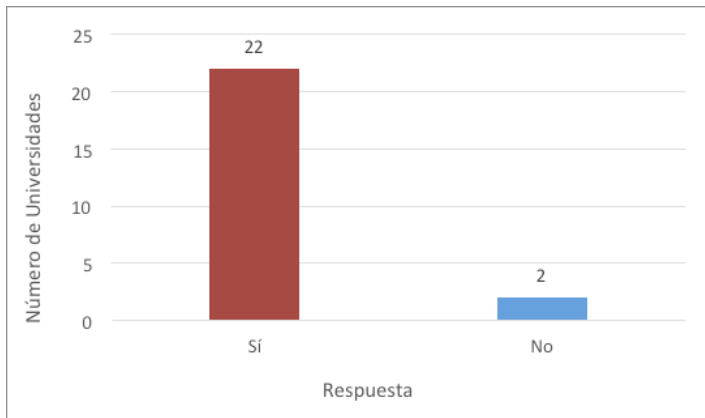


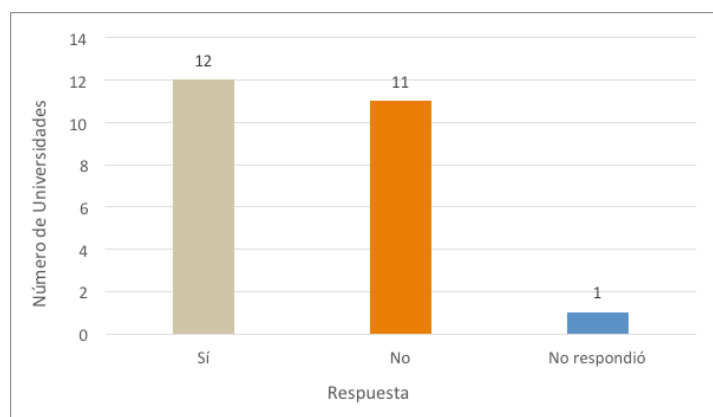
Gráfico 6. Participación de los programas de ingeniería industrial en convocatorias internas de la institución.

Fuente: elaboración propia.

El 92 % de los programas de ingeniería industrial encuestados participan en convocatorias internas de la institución, lo cual equivale a 22 de las 24 universidades incluidas en el estudio.



A partir de la información reportada por las instituciones encuestadas, se puede encontrar una correlación entre la existencia de políticas internas de investigación y la participación en convocatorias internas con asignación presupuestal. En este sentido, cada vez más instituciones definen como estrategia la asignación de recursos para convocatorias y concursos internos: 3 reportaron montos menores de 10 millones de pesos, 5 entre 10 y 20 millones, 10 entre 20 y 40 millones y 5 montos mayores de 40 millones. Resalta la asignación de recursos entre 20 y 40 millones, lo que se convierte en una nueva oportunidad para la participación de los grupos de investigación y el desarrollo y ejecución de sus proyectos, que ayuda a dinamizar la gestión investigativa.



**Gráfica 7. Participación de los programas de ingeniería industrial en convocatorias externas de investigación.**

Fuente: elaboración propia

El 50 % de los programas de ingeniería industrial encuestados participan en convocatorias externas de investigación. Las de mayor demanda son las que ofrecen Colciencias, entidades no gubernamentales y otras instituciones de educación superior.

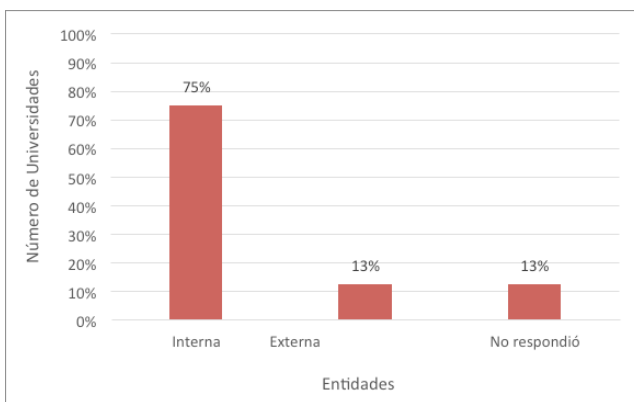
Según los programas que participaron en este estudio, de la información correspondiente a los últimos 5 años, el 42 % respondió así: 3 reportaron haber contado con montos menores de 50 millones de pesos para el desarrollo de proyectos de investigación, 2 entre 50 y 100 millones, 1 entre 100 y 200



millones y 4 más de 200 millones. Se resalta esta última como la mayor participación.

A pesar de haber mayor asignación presupuestal en las convocatorias externas que en las internas, la participación es superior en estas últimas, lo que lleva a pensar que el fenómeno se da posiblemente por el nivel de exigencia y la rigurosidad de los requisitos definidos en las convocatorias externas y por la orientación al fortalecimiento de los procesos internos.

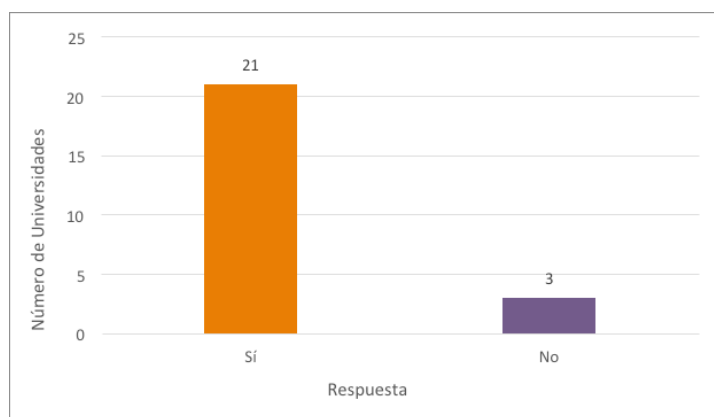
Propiciar una amplia participación en convocatorias externas y en el desarrollo de proyectos con recursos asignados por otras entidades, les confiere alta visibilidad a los programas e instituciones y por qué no, mayor impacto a su investigación. Uno de los retos esenciales en términos de investigación es el fortalecimiento de los grupos y la ejecución de proyectos con pertinencia y aplicación que permitan la solución de problemas existentes. Ésta es una de las características cada vez más expresada en las convocatorias y concursos que ofrecen distintas entidades.



Gráfica 8. Fuente de financiación de los proyectos de investigación.  
Fuente: elaboración propia

De las universidades encuestadas, 18 respondieron que cuentan o han contado con fuentes de financiación internas para proyectos de investigación, equivalente a un 75 % y sólo 3 con fuentes de financiación externa, lo que corresponde a un 13 %. Por otra parte, el 12,5 % reportan que tienen o han tenido inversión privada para el desarrollo de proyectos de investigación.

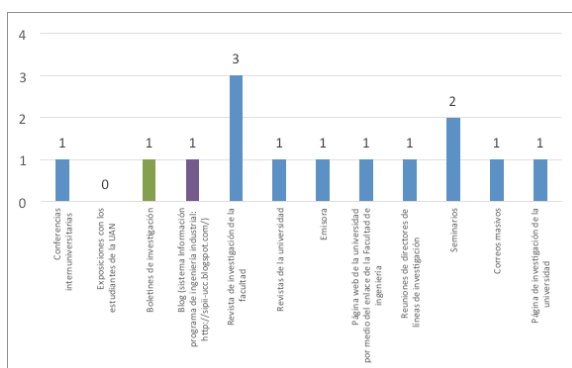
Se podría decir cada vez es más necesaria la articulación universidad, empresa, Estado, de tal forma que el desarrollo de la investigación atienda las necesidades del país y propicie y contribuya al desarrollo económico del mismo.



Gráfica 9. Existencia de medios para divulgar la investigación de los programas de ingeniería industrial.

Fuente: elaboración propia

El 87,5 % de las universidades encuestadas cuentan con medios para divulgar la investigación del programa, los cuales se detallan en la gráfica 10.



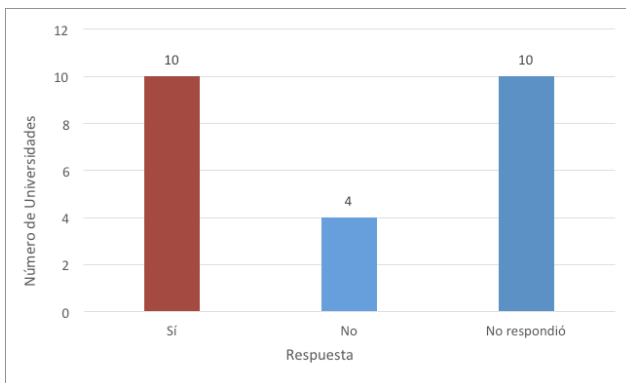
Gráfica 10. Medios utilizados para divulgar la investigación de los programas de ingeniería industrial.

Fuente: elaboración propia



Dentro de los medios más usados por las universidades para divulgar los resultados de la investigación se encuentran las revistas de investigación de la facultad y la realización de seminarios.

Esta información muestra una oportunidad no sólo para definir estrategias de divulgación de los resultados de investigación en el ámbito interno sino para identificar aquellas que permitan llegar al sector empresarial y al Estado, en busca de una mayor interacción y aplicación de los proyectos.

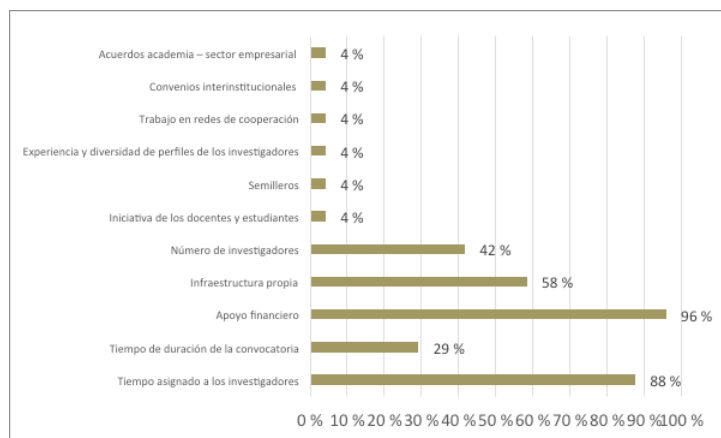


Gráfica 11. Vinculación a redes de investigación de los programas de ingeniería industrial.

Fuente: elaboración propia

El 42 % de los programas de ingeniería industrial encuestados afirman que están vinculados a redes de investigación. Se resalta que otro 42 % de los programas no respondió la pregunta.

Participar en redes de investigación permite fortalecer la gestión de los grupos y de los investigadores, compartir conocimiento, recursos y experiencias que hacen más fuerte y nutrida la producción intelectual. Es fundamental permanecer con una intervención más activa que pasiva.

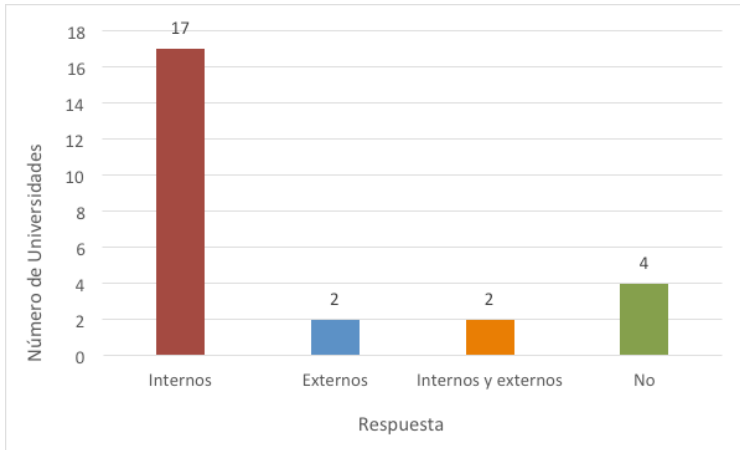


**Gráfica 12. Factores importantes para el éxito en el desarrollo de proyectos de investigación de los programas de ingeniería industrial.**

Fuente: elaboración propia

En las universidades encuestadas, el 96 % considera que el factor más importante para el éxito en el desarrollo de los proyectos de investigación del programa es el apoyo financiero, seguido del tiempo asignado a los investigadores, de la disponibilidad de infraestructura propia y del número de investigadores.

Se puede decir que el éxito en el desarrollo de los proyectos de investigación no depende sólo de la implementación de un factor en particular, debe existir una estrategia que involucre la aplicación de distintos factores planeados, organizados y coordinados. Además, en la medida en que en las instituciones exista interacción de las dependencias, orientadas todas a un mismo objetivo y con el debido ejercicio de las partes interesadas, se podrá vislumbrar un panorama cada vez más favorable en términos de investigación.

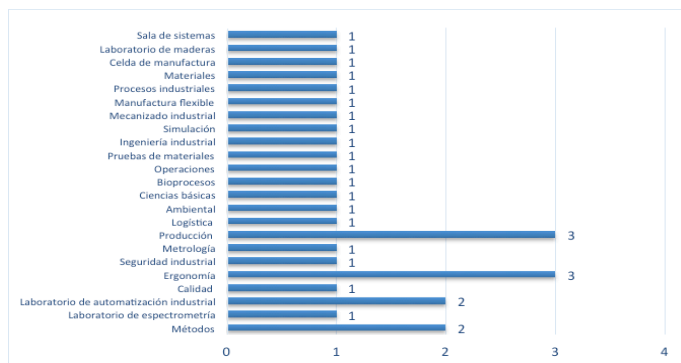


Gráfica 13. Existencia de laboratorios para apoyar los procesos de investigación de los programas de ingeniería industrial.

Fuente: elaboración propia

El 71 % de los programas de ingeniería industrial encuestados manifestaron que cuentan con laboratorios internos, el 8 % externos y otro 8 % tanto internos como externos, que apoyan los procesos de investigación del programa.

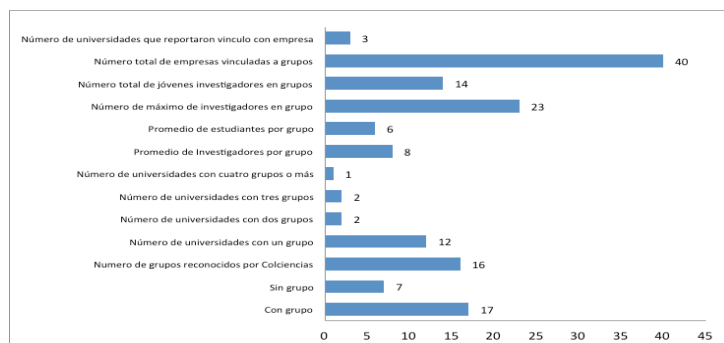
Al comparar los tipos de laboratorio y los temas de investigación reportados, se puede interpretar que la sola existencia de espacios de laboratorios por áreas no marca necesariamente la orientación de la investigación en cada programa. En algunos, a pesar de contar con laboratorios reconocidos y fortalecidos en ciertas áreas del conocimiento, sus intereses de investigación demuestran otro tipo de orientación.



Gráfica 14. Tipos de laboratorios que existen para apoyar la investigación de los programas de ingeniería industrial.

Fuente: elaboración propia

Tres programas de ingeniería industrial reportaron que cuentan con laboratorios de ergonomía y producción, seguidos de los laboratorios de automatización industrial y métodos. Teniendo en cuenta que las líneas con mayor aporte investigativo por parte de los grupos, corresponden en su orden a logística, producción, operaciones, desarrollo organizacional, proyectos, desarrollo de *software* y emprendimiento, se puede pensar que la existencia de laboratorios por sí misma no necesariamente marca la orientación de la investigación y que actualmente la definición de estos espacios puede obedecer más a necesidades académicas que investigativas.



Gráfica 15. Información de los grupos de investigación.

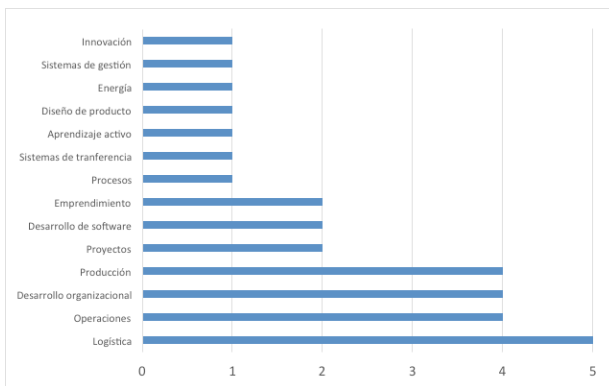
Fuente: elaboración propia



De los programas encuestados, 17 reportaron por lo menos un grupo de investigación, lo que equivale al 70,8 % de la población incluida en el estudio; de estos grupos, 16 se encuentran reconocidos por Colciencias.

En promedio, los grupos de investigación cuentan con 8 investigadores y 6 estudiantes; en total están vinculados 14 jóvenes investigadores y 40 empresas en el desarrollo de proyectos.

Los programas han venido avanzando en términos de investigación; los resultados arrojados permiten avizorar nuevos horizontes en términos de investigación y en la consolidación y fortalecimiento de los grupos con miras al desarrollo de proyectos que solucionen problemas reales de la sociedad. Otra oportunidad importante es la vinculación de jóvenes investigadores en el desarrollo de la gestión investigativa de los programas que permitiría a la vez participar en convocatorias de Colciencias específicas para jóvenes investigadores, lo que implica contar con grupo de investigación reconocido, proyecto financiado, plan de formación para joven investigador y actualización del Gruplac y CVLAC.

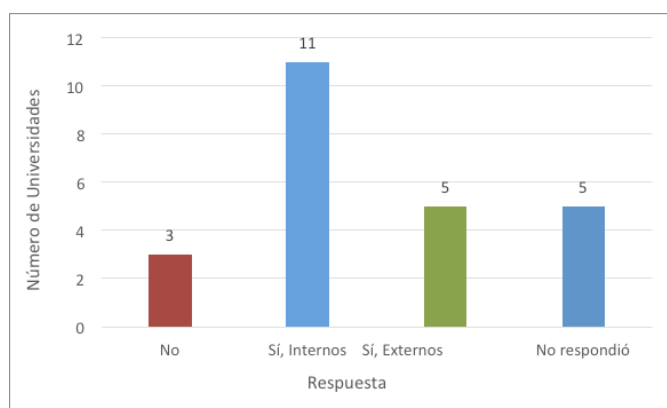


**Gráfica 16. Líneas de investigación asociadas a grupos.**  
Fuente: elaboración propia

La línea con mayor aporte investigativo derivado de los grupos reportados corresponde a logística, seguida de producción, operaciones, desarrollo organizacional, proyectos, desarrollo de *software* y emprendimiento.



Esta tendencia responde a la identificada entre los programas de ingeniería industrial a escala nacional y ratifica que existen nuevas realidades organizacionales que demandan el desarrollo de investigaciones orientadas al diseño y análisis de modelos logísticos y la aplicación de herramientas y metodologías que permitan incrementar su competitividad. Este comportamiento constituye una oportunidad que considera retomar la esencia de los ingenieros industriales.

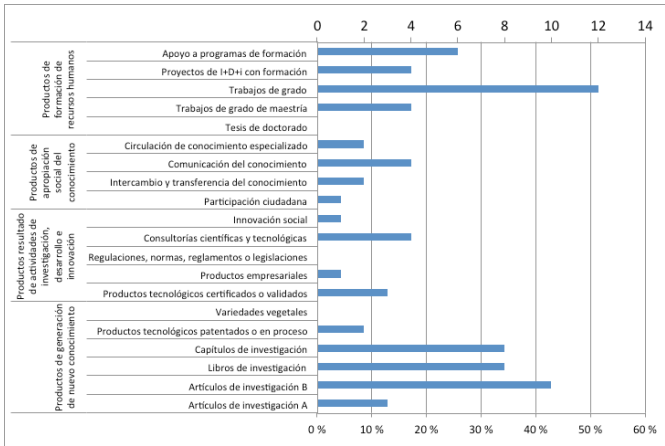


Gráfica 17. Relación de los grupos de investigación de los programas de ingeniería industrial con otros grupos.

Fuente: elaboración propia

El 67 % de los programas de ingeniería industrial encuestados manifestaron que sus grupos de investigación se relacionan con otros grupos así: el 46 % con grupos internos y el 21 % con grupos externos.

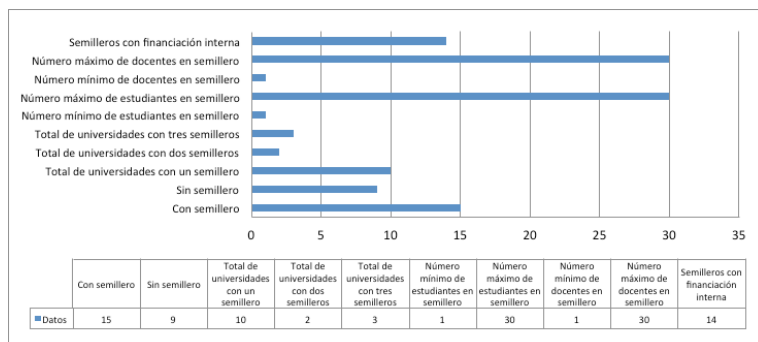
Al igual que la participación en redes de investigación, la relación con otros grupos incrementa y fortalece el conocimiento colectivo y el de los investigadores, lo que les permite compartir experiencias y resultados en pro de la calidad de los productos y, por qué no, de la mejora de las investigaciones al pasar de la teoría a la práctica y a la comprobación.



Gráfica 18. Tipos de productos generados por los grupos de investigación.  
Fuente: elaboración propia

Los cinco productos con mayor participación entre los grupos son, en su orden: trabajos de grado, artículos de investigación B, libros de investigación, capítulos de investigación y apoyo a programas de formación. Otros con menor acogida corresponden a: consultorías científicas y tecnológicas, comunicación del conocimiento, trabajos de grado de maestría, proyectos de I+D+i con formación, productos tecnológicos certificados o validados y artículos de investigación A.

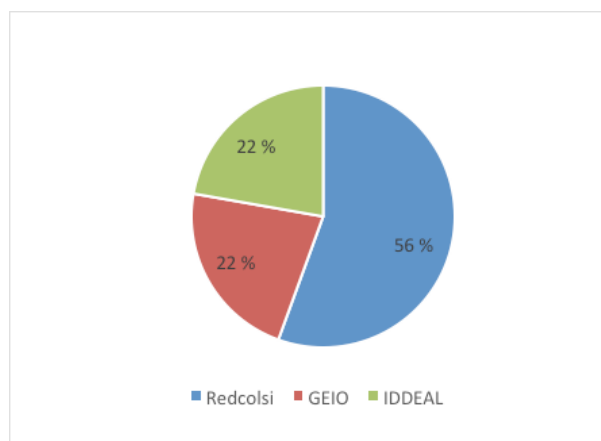
Otros productos como tesis de doctorado, regulaciones, normas, reglamentos o legislaciones y variedades vegetales, aunque no reportan vinculación por parte de los grupos, sí son una oportunidad para incursionar en otros temas y alcances investigativos; de igual forma es el desarrollo de proyectos y productos que resuelven problemas y atienden necesidades reales, aportando al ejercicio práctico del sector empresarial, trascendiendo el plano meramente académico.



Gráfica 19. Información de semilleros de investigación.  
Fuente: elaboración propia

De los programas encuestados, 15 reportaron por lo menos un semillero de investigación, y 14 de ellos indicaron que cuentan con apoyo financiero interno.

Contar con mayor articulación entre los programas de pregrado y los de posgrado en las instituciones se convierte en una oportunidad orientada a una mejor calidad de las investigaciones en la medida en que permitiría poner en práctica más proyectos y productos e intercambiar experiencias y conocimientos técnicos e investigativos, nutriendo así la producción intelectual no sólo de los semilleros sino de los grupos de investigación.



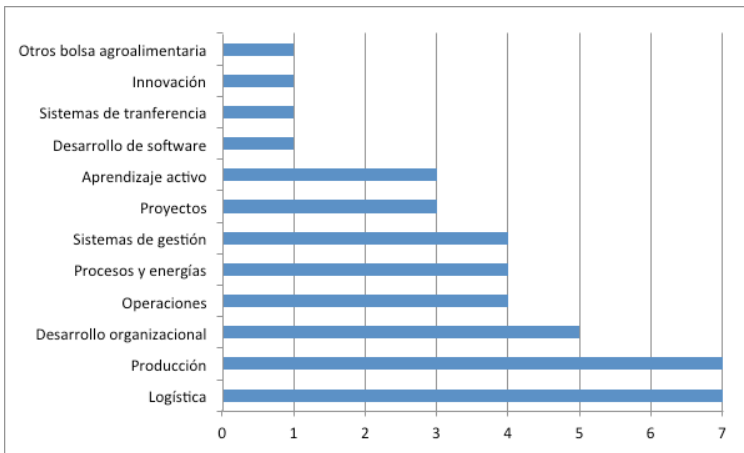
Gráfica 20. Participación de semilleros de investigación en redes.  
Fuente: elaboración propia



De las 15 universidades que reportaron por lo menos un semillero de investigación, 9 registran participación en redes, así: el 56 % a Redcolsi, el 22 % a GEIO y el 22 % restante a la red IDDEAL.

El sector empresarial requiere cada vez más profesionales que no sólo respondan técnicamente a sus necesidades sino que sean capaces de enfrentarse a un entorno dinámico y exigente, con competencias tales como trabajo en equipo, comunicación, resolución de problemas, entre otras, que dependen de la implementación de estrategias que le permitan al estudiante adquirirlas a lo largo de su proceso formativo. Una de ellas puede ser la participación activa en semilleros de investigación y aún más la posibilidad de estar vinculados a redes que les den la posibilidad de interactuar con estudiantes de su misma disciplina o de otras para conocer prácticas distintas y así ampliar su espectro.

Esta es una oportunidad tanto de participar como de propiciar la creación de escenarios distintos a los reportados en la encuesta, que brinden otros temas y áreas orientados a potencializar los intereses investigativos.

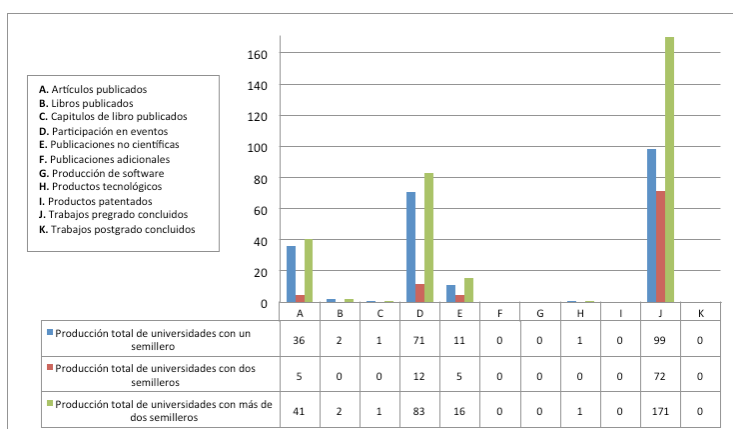


Gráfica 21. Temáticas de investigación de los semilleros.

Fuente: elaboración propia

Las líneas con mayor aporte investigativo reportadas como parte de los semilleros corresponden a logística y producción, seguidas de desarrollo organizacional, sistemas de gestión, procesos y energías y operaciones.

Existe una relación directa en los temas de mayor aporte investigativo tanto para los semilleros como para los grupos de investigación; sin embargo, aparecen algunos que, si bien son de interés para los semilleros, no lo son tanto para los grupos de diseño de producto y emprendimiento. Este resultado invita a revisar los procesos de tal forma que se logre potencializar aún más las fortalezas investigativas de los programas.



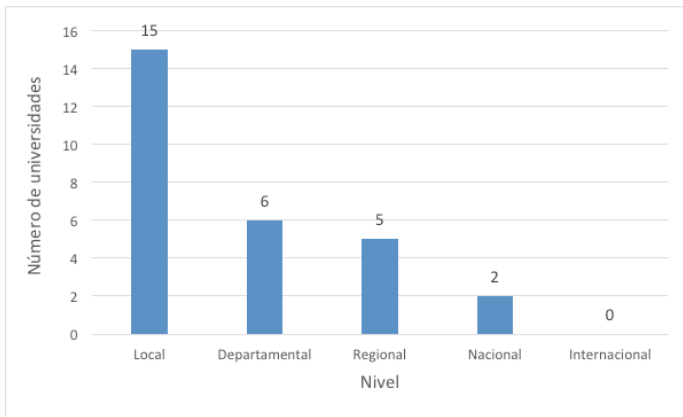
Gráfica 22. Tipos de productos generados por los semilleros de investigación.  
Fuente: elaboración propia

Los productos con más participación de semilleros de investigación corresponden en su orden a trabajos de pregrado concluidos, participación en eventos, artículos publicados y publicaciones no científicas.

Los principales productos desarrollados por grupos y semilleros de investigación son trabajos de pregrado, participación en eventos para comunicación del conocimiento y publicación de artículos, en su mayoría tipo B para el caso de los grupos. Esto se puede comparar con los resultados de las preguntas relacionadas con convocatorias, ya que estos productos se obtienen a partir de la participación en procesos internos financiados con montos entre 20 y 40 millones y de la participación en concursos externos financiados con más de 200 millones.



Los resultados muestran una tendencia más marcada en productos relacionados con investigación formativa. Esto se debe a que existe un número mayor de estudiantes que aporta al proceso, lo que lleva a pensar que este aspecto requiere un análisis que muestre el comportamiento de la investigación científica y de la formativa de manera independiente.



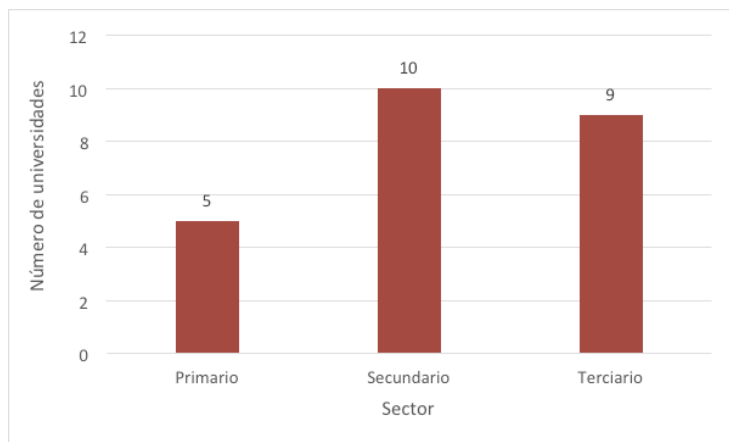
**Gráfica 23. Niveles que se impactan con la investigación desarrollada por los programas de ingeniería industrial.**

Fuente: elaboración propia

De los 24 programas de ingeniería industrial encuestados, 15 manifestaron que desarrollan o han desarrollado proyectos de investigación con impacto local, 6 departamental, 5 regional, 2 nacional y ninguno con impacto internacional. Es importante aclarar que 7 de los 15 impacta más de un nivel.

Como se ha mencionado en análisis anteriores, cada vez es más necesario que las universidades formen parte activa del proceso económico del país, lo cual constituye una oportunidad de participación con el desarrollo de proyectos orientados a atender los requerimientos que demanda el entorno.

En la medida en que se desarrollen proyectos de interés empresarial e influyan en el desempeño organizacional, será más fácil ampliar el impacto de la investigación desarrollada por los programas de ingeniería industrial.



Gráfica 24. Sectores que se impactan con la investigación desarrollada por los programas de ingeniería industrial.

Fuente: elaboración propia

De los 24 programas encuestados, el 42 % reporta desarrollar o haber desarrollado proyectos con impacto en el sector secundario o industrial, el 38 % al sector terciario o de servicios y el 21 % al sector primario o agropecuario.

Es importante referirse a algunas cifras reportadas por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en su informe de gestión 2014: "En el trimestre junio-agosto del 2014, por sectores económicos en el entorno nacional, el correspondiente a comercio, hoteles y restaurantes (26,8 %) fue el de mayor participación de mano de obra en la economía; siguió en importancia los servicios sociales (20,4 %), el agropecuario (16,8 %) y la industria (11,9 %)".

"En un entorno de bajo crecimiento de la economía mundial y en particular de las latinoamericanas, el comportamiento de la actividad económica colombiana es fuerte y sostenible, con incrementos superiores al 4 %; así mismo, a pesar de que en el segundo trimestre del 2014 se registró una variación negativa en la industria, se destacó que en el primer semestre del año se evidenció un aumento del valor agregado industrial, con la recuperación de varios subsectores industriales".

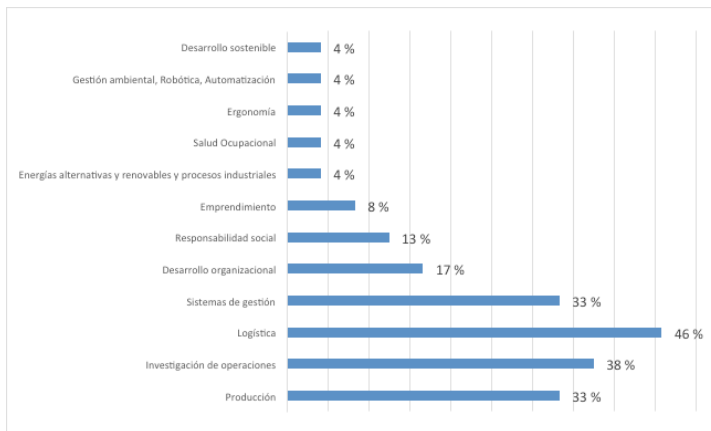
"Se hizo seguimiento a 238 nuevas oportunidades para 155 empresas colombianas, de las cuales 39 % corresponden al



sector servicios, 40 % manufacturas y 21 % agroindustria. Por destinos, Perú es el país que genera mayor interés entre las empresas contactadas (41 oportunidades); seguido de Ecuador (36), México (29), Estados Unidos (24), Guatemala (17), Chile (13) y Asia (10), entre otros”.

“Se destaca el crecimiento de las ventas en los sectores de servicios (26,3 % en el año, periodo que equivale a un crecimiento promedio anual (2014) del 8,1 %). Las ventas en los sectores manufactureros registraron un crecimiento promedio anual del 4,7 % en el periodo y en los sectores agro el crecimiento fue del 4,3 % promedio anual”.

Esto muestra una gran oportunidad para que las universidades desarrollen proyectos y propuestas de investigación orientadas a fortalecer el desarrollo y la gestión de las empresas que forman parte de los distintos sectores económicos, a partir del comportamiento y el crecimiento del mercado.



Gráfica 25. Temas, campos o líneas de investigación de los programas de ingeniería industrial.

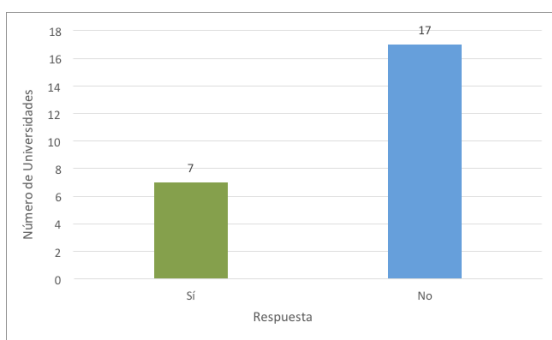
Fuente: elaboración propia

Los temas, campos o líneas de investigación propios de los programas de ingeniería industrial reportados, con mayor participación en su orden, corresponden a: logística, investigación de operaciones, producción, sistemas de gestión, desarrollo organizacional, responsabilidad social y emprendimiento.



Se puede entender que existe una relación directa entre los intereses de investigación de los grupos y las líneas de investigación propias de los programas de ingeniería industrial en Bogotá.

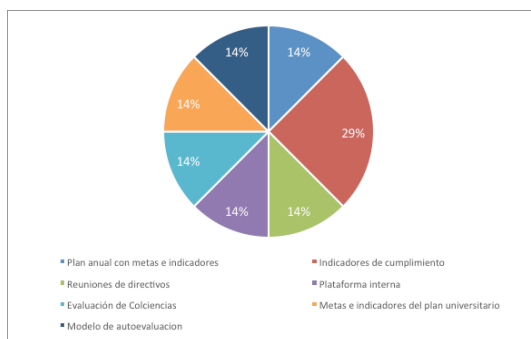
Esta tendencia está alineada con el resultado obtenido de los programas de ingeniería industrial a escala nacional, ratificando nuevamente la necesidad de desarrollar investigaciones orientadas a temas logísticos y la aplicación de métodos y metodologías que permitan aportar a la competitividad de las organizaciones.



Gráfica 26. Existencia de herramientas para medir el impacto de la investigación en los programas de ingeniería industrial.

Fuente: elaboración propia

El 29,2 % de los programas de ingeniería industrial encuestados reportaron que contaban con herramientas para medir el impacto de la investigación desarrollada por los programas de ingeniería industrial. El detalle de las herramientas utilizadas se describe en la e gráfica 27.



Gráfica 27. Porcentaje de uso de las herramientas de medición existentes.

Fuente: elaboración propia



En los programas que respondieron que contaban con herramientas para medir el impacto de la investigación desarrollada, se consultó cuáles son eran las más utilizadas y el 29 %, el mayor porcentaje, respondió que se apoyaba en el uso de indicadores de gestión.

Si bien el 29,2 % de los programas cuenta con herramientas para medir el impacto de la investigación, en su mayoría en el nivel interno, es importante reflexionar primero sobre qué es el impacto, qué se quiere medir como tal y si se espera que sea en el nivel interno o el externo, a partir de lo cual se podrían definir e implementar herramientas que permitan medir, entre otras cosas, la pertinencia de las investigaciones que se desarrollan en las universidades y la huella que hayan dejado.

### 3. PROSPECTIVA DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de los procesos de investigación en Colombia emana de las nuevas estructuras de desarrollo en ciencia, tecnología e innovación con calidad que lleva a cabo el Estado con el propósito de fortalecer los sectores considerados de clase mundial. La importancia de la investigación en Colombia y específicamente en disciplinas técnicas como la ingeniería Industrial, radica en la necesidad de apoyar la transformación de las estructuras productivas del país.

Zartha (2012), en el "Estudio de prospectiva de la ingeniería industrial al 2025 en algunos países miembros de la OEA", permitió establecer 50 temas prioritarios en ingeniería industrial en los cuales las universidades deben prestar la mayor atención posible con el fin de mantener la vanguardia o, en otro caso, alcanzar un nivel acorde con las exigencias del medio. Las áreas definidas en el estudio se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Temas prioritarios de la ingeniería industrial (2012)

Área	Tema
Nuevas tecnologías	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de la innovación.</li> <li>• Gestión de la tecnología.</li> <li>• Optimización de procesos productivos en el sector manufacturero y de servicios.</li> <li>• Asuntos éticos.</li> <li>• Sostenibilidad.</li> </ul>

Área	Tema
Optimización	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diseño de experimentos.</li><li>• Modelos determinísticos para la toma de decisiones.</li><li>• Modelos determinísticos para la teoría de redes.</li></ul>
Producción	<ul style="list-style-type: none"><li>• Seguridad y salud en el trabajo.</li><li>• Gestión de operaciones.</li><li>• Logística y redes de distribución.</li><li>• Gestión de calidad.</li></ul>
Administración y finanzas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Formulación y evaluación de proyectos.</li><li>• Gestión de proyectos.</li><li>• Investigación de mercados.</li><li>• Administración básica.</li><li>• Gestión humana (selección, desarrollo de competencias, capacitación).</li><li>• Costeo por ABC.</li><li>• Análisis financiero.</li><li>• Planeación por escenarios.</li><li>• Estrategias de mercado.</li></ul>
Criterios de calidad	<ul style="list-style-type: none"><li>• Trabaja en grupos multidisciplinarios.</li><li>• Interpreta problemas de ingeniería, diseña y evalúa opciones de solución innovadoras, desde los puntos de vista técnico, económico, ambiental, político y ético.</li><li>• Comprende y asume responsabilidad a escala profesional y ético.</li><li>• Ejerce la práctica de la ingeniería aplicando herramientas y técnicas modernas.</li><li>• Identifica y modela el problema. Pensamiento creativo.</li><li>• Pensamiento crítico.</li><li>• Curiosidad y aprendizaje permanente.</li></ul>



Área	Tema
Criterios de calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ética profesional e integridad y responsabilidad. Comportamiento profesional.</li> <li>• Liderazgo.</li> <li>• Trabajar en equipo.</li> <li>• Presentación oral y comunicación interpersonal. Inglés.</li> <li>• Idiomas de las naciones industriales. Ética.</li> <li>• Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas). Formación profesional en Ingeniería Industrial.</li> <li>• Idiomas /Comunicación.</li> <li>• El uso de estudios de caso. Pasantías.</li> <li>• Estudios en el extranjero.</li> <li>• Prácticas internacionales.</li> </ul>

**Fuente:** Estudio de prospectiva de la ingeniería industrial al 2025 en algunos países miembros de la OEA. Grupo de Política de Gestión Tecnológica, Escuela de Ingenierías, UPB (2012).

González (2004), en su estudio “La prospectiva de la ingeniería industrial al 2020”, expresa que las tendencias de las economías emergentes, las transiciones políticas y sociales y las nuevas maneras de hacer negocios están cambiando al mundo dramáticamente. Estas tendencias sugieren que el ambiente competitivo para la práctica de la ingeniería industrial en el futuro cercano será significativamente diferente al de hoy. Expresa que la profesión de la ingeniería industrial y su función han cambiado en los últimos 20 años; el surgimiento de nuevas tecnologías exigido por la intensa competencia continuará dirigiéndose al desarrollo de nuevos procesos y productos tanto en servicios como en manufactura.

Las áreas y los temas en que se desarrolla la ingeniería están definidas en la tabla 5, las cuales son y seguirán siendo objeto de investigación de la ingeniería industrial.

Tabla 5. Megatendencias de la ingeniería industrial

Área	Tema
Ingeniería de manufactura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manufactura determinística o basada en matemáticas.</li> <li>• Integración de la gente y la tecnología.</li> <li>• Tecnologías de la información (TI)</li> </ul>
Manufactura concurrente	<p data-bbox="515 527 942 557"><b>Mejores prácticas de manufactura</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos basados en actividades (ABC).</li> <li>• Costos basados en manufactura ágil (LEAN Accounting).</li> <li>• Uso innovativo de recursos o procesos.</li> <li>• Grupos efectivos de trabajo en alta tecnología de manufactura.</li> <li>• <i>Benchmarking</i> de procesos de manufactura (MPB).</li> <li>• Diseño para el ambiente (DFE).</li> <li>• Ecoeficiencia.</li> <li>• Teoría del análisis del ciclo de vida.</li> <li>• Evaluación del impacto del ciclo de vida (LCIA).</li> <li>• Principios del cambio sostenible.</li> <li>• El ciclo PHVA del desarrollo sistemático</li> </ul> <p data-bbox="515 1100 946 1130"><b>Administración de las operaciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planeación, desarrollo e implementación en paralelo.</li> <li>• Redes interactivas de computadoras.</li> <li>• Estándar para el intercambio de datos del producto, Standard for the Exchange of Product Model Data (STEP).</li> <li>• Modelado de capacidad de sistemas.</li> <li>• Metodologías de diseño flexible y modular; procesos de fabricación y equipamiento flexible; y materiales y procesos adaptables.</li> <li>• Manufactura: ágil, sincrónica, flexible, celular, justo a tiempo, etc.</li> </ul>



## Área

## Tema

Manufactura concurrente

- Análisis: AMEF (del modo y efecto de falla), RCA (de causa raíz), HAZOP (de operabilidad y riesgo).
- Conceptos de conservación y confiabilidad: mantenimiento productivo total (TPM) y mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).
- Teoría de restricciones (TOC).
- Sistema tambor, reserva, cuerda (DBR).
- Sistemas de planeación avanzada (SAP).
- Sistemas de administración de mantenimiento computarizados (CMS).

### **Conceptos y sistemas de administración de calidad total**

- Sistemas colaborativos de calidad.
- Sistemas computarizados de calidad.
- Certificación de productos y procesos.
- Organización Internacional de Estandarización (ISO).
- ISO 9000.
- ISO 14.000.
- Las 5S en la práctica.
- El despliegue de la función de calidad (QFD).
- Análisis de riesgos de puntos críticos de control (HACCP).
- Costos de calidad.

### **Administración de la cadena de abastecimientos**

- Nuevo enfoque de justo a tiempo.
- Reducción de tiempos de entrega.
- Reducción de tiempos de preparación.
- La técnica de cambio rápido de herramienta (SMED).

**Área****Tema**

- Solución de problemas de inventarios.
- Logística.
- Logística de tercer partido.
- Logística de cuarto partido.
- Códigos seriales de contenedores de embarque.
- Operación de la cadena de abastecimientos.
- Medición del rendimiento de la cadena de abastecimientos.
- Exactitud de las órdenes de abastecimiento en el nivel de perfección.
- Cadena de abastecimientos de tiempo real.
- Intercambio electrónico de datos (EDI).
- *Outsourcing* en logística.
- Desarrollo y selección de proveedores.
- Control de costos de operación.
- Desarrollo de asociaciones y alianzas estratégicas.
- Almacenaje.
- Recolección e identificación automática de datos.
- Identificación por radiofrecuencia (RFID).
- Sistemas de localización en tiempo real (RTLS).
- Códigos de barras.
- Normas de etiquetado.
- El código universal del producto.
- Seguridad en almacenes.

### **Administración de la automatización, aplicaciones de IT**

- Desarrollo rápido de prototipos.
- Prototipos digitales.
- CAD integrado a la planificación de inspección.
- Tecnología digital de medición de alta precisión.
- Manufactura digital.
- CAM, CIM, CAT, CAE, PDM
- ERP, EAI, MRP, SCADA.



## Área

## Tema

- Análisis de elementos finitos.
- Simulación.
- Máquinas-herramienta de control numérico.
- Control de automatización.
- *Software* de piso de planta.
- Robótica.
- Visión de máquina.
- Automatización de diseño.
- Sistemas basados en conocimiento y tecnologías de información (IT).
- Sistema inteligente de manufactura (IMS).
- Sistema holónico de manufactura (HMS).

### **La integración de recursos humanos y técnicos**

- Sistemas integrados.
- Automatización de funciones habituales.
- Personal dedicado a desarrollar soluciones dirigidas a las necesidades del cliente.
- Aprendizaje rápido.
- Información en tiempo real.
- Sistemas que operen efectivamente redes multiculturales de gente y máquinas.
- Modelos de sistemas para todas las operaciones de manufactura.
- Tecnologías para convertir Información en conocimiento.
- Métodos y protocolos unificados para intercambio de información.
- Procesos para desarrollo, transferencia y utilización de tecnología.
- Nuevos métodos educacionales.
- Metodologías de diseño que incluyen un amplio rango de requerimientos del producto.



Área	Tema
------	------

- Métodos de diseño y procesos de manufactura para reconfiguración de productos.
- Nuevos métodos de diseño de *software*.
- Sistemas y procesos de manufactura adaptables y reconfigurables.
- Optimización de interfaces hombre-máquina.

### **Compatibilidad ambiental**

- La preponderancia de enfoques de incentivos basados en la regulación ambiental.
  - Mejoramiento de los sistemas de medición y verificación de calidad ambiental.
  - Disminución de efectos adversos de químicos en el ambiente.
  - Desarrollo de fuentes alternas de energía.
  - Utilización de ingeniería de sistemas y enfoques ecológicos para reducir el uso de recursos.
  - Mejor entendimiento de la relación entre la población y el consumo como medio de reducir el impacto ambiental del crecimiento demográfico.
  - Establecimiento de metas ambientales con base en índices y dirección del cambio.
  - Evaluación y modelado del riesgo.
  - Procesos de manufactura con desperdicio cercano a cero.
  - Reducción del consumo de energía.
  - Conciencia ambiental de las empresas manufactureras.
  - Evaluación profunda y análisis costo- beneficio del riesgo.
-

**Área****Tema****Empresas reconfigurables**

- Estructuras intraorganizacionales e interorganizacionales con base en modelos de cooperación transitoria flexible.
  - Empresas enfocadas en oportunidades de mercado más que de supervivencia y crecimiento.
  - Información y tecnología compartidas entre competidores.
  - Acuerdos mundiales relativos a emisiones de patentes y otros derechos de propiedad intelectual.
  - Reparto equitativo de las ganancias de colaboración.
  - Incorporación de actividades o valores basados en conocimiento en los negocios.
  - Relaciones y estimación de costos basadas en valor.
  - Cadenas de abastecimiento claramente bien integradas.
  - Sistemas de administración de información, representación y comunicación interculturales.
  - Tecnologías emergentes.
  - Empresa reconfigurable.
  - Estructura organizacional reconfigurable.
  - Operaciones de manufactura reconfigurables.
  - Procesos innovadores.
  - Integración de los procesos unitarios múltiples en una sola operación.
  - Procesos completamente programables y que no requieren herramientas duras (*hardware*).
-

Área	Tema
	<ul style="list-style-type: none"><li>• La creación de procesos autodirigidos simplificará la herramienta.</li><li>• La manipulación al nivel molecular o atómico conducirá a la creación de nuevos materiales.</li><li>• Computadoras biológicas con componentes de dimensiones moleculares.</li><li>• Nanotecnología.</li><li>• Tecnología de nanofabricación que incluye los siguientes tipos de procesos:<ul style="list-style-type: none"><li>• El nanomaquinado (oscila en las 0,1 a 100 nm) para crear estructuras a nanoescala agregando o quitando material desde componentes de macroescala.</li><li>• La fabricación molecular para construir sistemas desde el nivel atómico o molecular (15).</li><li>• Biotecnología.</li><li>• Ingeniería genética de polímeros de proteína mediante procedimientos biosintéticos.</li><li>• Procesos de autoensamble basados en actantes biológicos de superficie.</li><li>• Métodos de síntesis de acoplamiento y autoensamble de procesos para producir estructuras orientadas y funcionalmente graduadas.</li><li>• Ingeniería de tejidos y siembra de células para habilitar producción in vitro de piel y membranas.</li><li>• Procesos de biomineralización incluyendo procesado de multicomponentes mediante vesícula.</li></ul></li></ul>

---

Fuente: Prospectiva de la ingeniería Industrial 2020 (González, 2004)



Se han enunciado algunos campos en los que la ingeniería industrial ha sido partícipe de valiosas investigaciones a escala mundial, otros escenarios no menos importantes en los cuales la investigación en ingeniería está poniendo especial interés en la manufactura ágil (Lean Manufacturing), la transformación organizacional y la seguridad y ergonomía.

González (2004) enuncia que la Comisión sobre Retos Visionarios en Manufactura para 2020, establecida por la Junta del Consejo Nacional de Investigación sobre Ingeniería y Manufactura de USA, está orientada a:

- Lograr la concurrencia en todas las operaciones.
- Integrar recursos humanos y técnicos para mejorar la satisfacción y el cumplimiento de la fuerza de trabajo.
- Transformar instantáneamente la información reunida desde un conjunto extenso de fuentes en conocimiento útil para tomar decisiones efectivas.
- Reducir el impacto ambiental del producto y el desperdicio de producción a cerca de cero.
- Reconfigurar las empresas de fabricación rápidamente con respecto a oportunidades y necesidades cambiantes.
- Desarrollar procesos de fabricación innovadores y productos con un enfoque en escala dimensional decreciente.

Por lo anterior, la investigación en las universidades debe partir de la propia reflexión del quehacer docente en el aula, de modo que se entienda que la responsabilidad reside en innovar desde el mismo proceso de enseñanza, que se trabaje en estimular la reflexión continua en cada suceso al cual se vean abocados los estudiantes y la manera en que, a partir de sus inferencias y conocimientos, propongan nuevas ideas que diluciden la problemática del mundo empresarial y del medio social.

La investigación se debe dirigir a nuevos campos del conocimiento, en especial en la mejora de los sistemas productivos y logísticos, en el desarrollo de nuevos productos y materiales para la industria y en el fortalecimiento de los balances tecnológicos de los sectores económicos.

La investigación en ingeniería orientará sus procesos de innovación en la investigación formativa, fortaleciendo los procesos de

internacionalización del conocimiento y formando redes de investigación con pares de otros países en entornos de trabajo colaborativo.

La investigación será multidisciplinaria y contará con la colaboración y cooperación de otras carreras profesionales que nutrirán y fortalecerán sus resultados.

Los proyectos de investigación ingresarán en los procesos de gestión de proyectos, adaptando estándares internacionales como los del Project Management Institute (PMI®) para la gestión y el seguimiento de proyectos de ingeniería.

Al respecto, es pertinente aclarar que la formación en el aula debe ir acompañada de prácticas de laboratorio y actividades de campo en escenarios reales en los que el ingeniero esté inmerso en procesos de innovación y desarrollo continuo, a la par con los cambios tecnológicos y científicos que se van dando en el mundo. Las nuevas tendencias de formación estarán dirigidas a la investigación desde el proceso formativo del estudiante, mejorando procesos como la investigación basada en el diseño (DBR).



## CONCLUSIONES

Las siguientes son algunas de las conclusiones obtenidas a partir del análisis de la información suministrada por los programas de ingeniería industrial encuestados.

- Dado que el 12,5 % de los programas de ingeniería industrial encuestados reportan que cuentan o han contado con inversión privada para el desarrollo de proyectos de investigación, conviene evaluar las razones de este comportamiento, de tal forma que se precise si es por desconocimiento del sector privado frente a los proyectos de investigación que desarrollan las universidades, por desinterés frente a los temas abordados o por otras causas, a partir de lo cual se podrían definir acciones orientadas a una mayor articulación entre dichas instituciones y el sector privado.
- En tal sentido, convendría revisar si el hecho de contar con estrategias y medios de comunicación para divulgar los resultados de la investigación, que en su mayoría son internos, podría afectar a la falta de inversión del sector privado en el desarrollo de proyectos de investigación.
- Es importante que los programas de ingeniería industrial pertenecientes a las universidades de Bogotá se vinculen al análisis y desarrollo de propuestas que den solución a problemas no sólo locales sino regionales y nacionales como mínimo.
- Los programas de ingeniería industrial de las universidades de Bogotá demuestran un alto interés por investigar problemas existentes en los sectores secundario y terciario, los cuales han adquirido importancia en la economía del país, tal como se refleja en el informe del 2014 emitido por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia, en el que, además, se menciona que "la reciente depreciación de la moneda genera estímulos positivos a los sectores productivos y también la fortaleza de la economía colombiana debe conducir a que el ingreso de la inversión extranjera directa (IED) mantenga su buen ritmo".



- Es una realidad que para las universidades, las actividades de investigación representan un factor preponderante en la aplicación de herramientas técnicas o la definición de nuevas teorías orientadas a la solución de alguna problemática; sin embargo, cada vez se requiere más una articulación de las universidades, el Estado y el sector empresarial que le apunte a atender necesidades reales, con mayor cobertura y pertinencia. Por esto, para conocer la orientación de la investigación en ingeniería industrial es fundamental plantear un estudio que involucre los resultados de investigación en esta disciplina y las necesidades de las empresas.
- Es válido pensar que la articulación universidad-empresa se debe encauzar hacia la creación de estructuras que vinculen la demanda de investigación del sector productivo con la oferta del sector académico, lo cual posibilita que los resultados de investigación sean tangibles y patentables.
- Aún hoy la investigación en Colombia no se realiza de forma constante ni con la mejor tecnología y en algunas universidades no tiene la relevancia que debiera, en ocasiones es por falta de motivación o dedicación de los profesores quienes se dedican en su mayoría al cumplimiento de la gestión docente.
- Si bien algunos de los programas que participaron en el estudio manifiestan que utilizan herramientas que les permiten medir el impacto, es necesario definir e implementar estrategias que lleven a la medición de la pertinencia de la gestión investigativa de las universidades, orientada a la generación de valor y al aporte del desarrollo económico del país.
- Es definitiva la necesidad de realizar manejo y control documental en los procesos de investigación, de tal forma que se cuente con la trazabilidad de las actividades, dado que existen instituciones que cuentan con grupos y semilleros de investigación activos de cuyo desarrollo y cuya producción investigativa no hay evidencia.
- La importancia de la investigación en Colombia y específicamente en disciplinas técnicas como la ingeniería industrial, radica en la necesidad de apoyar la transformación de las estructuras productivas, de cara a los retos de los próximos años, como el posconflicto, los tratados de libre comercio que han emprendido los últimos gobiernos, así como las nuevas dinámicas y tendencias del mundo globalizado, que obligan



a pensar en proyectos que apunten al aumento de la productividad, la consolidación de los sistemas regionales de CT+I, el empleo e ingreso digno. La búsqueda de opciones innovadoras de uso sostenible de los recursos naturales, la calidad y competitividad, entre otros, indican que esta profesión tiene un camino considerable por explorar en materia de gestión y dirección de procesos logísticos, operativos y productivos en los diversos sectores de la economía nacional, en particular en aquellas regiones apartadas en las que la intervención científica y tecnológica aún es muy débil.

- Esto lleva a pensar en la urgencia de repensar la manera de investigar en las universidades, lo cual debe partir del propio análisis del quehacer docente en el aula, de modo que se entienda que su responsabilidad está en innovar desde el mismo proceso de enseñanza, estimular la reflexión continua sobre cada suceso al que se vean abocados los estudiantes, y la manera en que, a partir de sus inferencias y conocimientos, propongan nuevas ideas que diluciden los problemas del mundo empresarial y del medio social.
- Al respecto, es pertinente aclarar que la formación en el aula debe ir acompañada de prácticas de laboratorio y actividades de campo en escenarios reales en los que el ingeniero esté inmerso en procesos de innovación y desarrollo continuo, a la par con los cambios tecnológicos y científicos del mundo



## REFERENCIAS

- Abouhamad, J. (1965). Apuntes de investigación en ciencias sociales. Caracas, Venezuela: Instituto de Investigaciones de la Universidad Central de Venezuela.
- Arango, O. E. Dos pasos básicos para el origen de las investigaciones científicas. Recuperado el 5 de septiembre de 2014 de <http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/poesis/article/view/350>.
- Arechavala, R. (2010). Innovación Educativa, ¿en las universidades? *Ide@s Concyteg* 5 (61), 628-647. Recuperado de <http://octi.guanajuato.gob.mx/octigto>.
- Atkinson, R. C. y Blanpied, W. A. (2008). Research Universities: core of the US science and technology system. *Technology in Society*, 30 (1), 30-48.
- Cardoso, J.L. (2002). Prospectiva de investigación en la universidad colombiana. *Nómadas*, 17, pp. 169-181.
- Centro Virtual de Noticias, Ministerio de Educación Nacional. (2005, septiembre). ¿Qué tanto promueven la investigación las universidades en Colombia? Recuperado el 1.º de junio de 2014 de <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-88439.html>.
- Díaz, A. M. Caracterización de la investigación en ingeniería industrial en Colombia. *Revista Teckninncca*, 1 (1). Recuperado el 14 de octubre de 2014 de <http://www.youblisher.com/p/177798-Revista-Virtual-Facultad-de-Ingenieria-Administracion-y-Ciencias-Basica-Vol-1-No-1/>.
- Desarrollo tecnológico e innovación industrial. Recuperado el 24 de septiembre de 2014 de [http://www.colciencias.gov.co/programa\\_estrategia/desarrollo-tecnol-gico-e-innovaci-n-industrial](http://www.colciencias.gov.co/programa_estrategia/desarrollo-tecnol-gico-e-innovaci-n-industrial).
- González, Z. M. (2004). Prospectiva de la ingeniería industrial hacia el 2020. *Revista UPIICSA* (en línea),



36. Recuperado el 15 de mayo de 2015 de <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5323/36-4.pdf?sequence=4>.

Hazelkorn, H. (2012). *Managing the University Community – Building a Research Strategy and Funding It*. Escuela de Graduados del Instituto Tecnológico de Dublín. EUA Conference, Barcelona.

Hernández, R., *Publicación científica en ciencias biomédicas*. Recuperado el 14 de octubre de 2014 de [http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/NOVA7\\_10\\_13.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA7_10_13.pdf).

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: Editorial McGraw Hill.

Hurtado, J. (2000). *Metodología de la investigación holística*. Caracas, Venezuela: Fundación Sypal.

Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas – Colciencias. (2008). *Colombia Construye y siembra futuro. Política nacional de fomento a la investigación y la innovación* (primera edición). Colombia.

Investigación en las instituciones de educación superior y con articulación con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. *Revista Credencial*. Recuperado el 21 de agosto de 2014 de <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-88439.html>.

Jorge Méndez Munévar (2000). Estrategias para la educación superior, año 2000. Comentarios sobre el documento de Marco Palacios. *Icfes. La formación de investigadores y la realización de proyectos de investigación y servicios en la universidad*, 1990, p. 79. Bogotá: Editorial Delfín Ltda.

Niño, Y.Y. (2007). ¿Qué es la investigación? Seminario de investigación I.

Observatorio Colombiano Ciencia y Tecnología. Recuperado el 1.º de junio de 2014 de <http://ocyt.org.co/es-es/informacion-institucional>.

- Owen-Smith, J. (2003). From separate systems to a hybrid order: accumulative advantage across public and private science at Research One universities. *Research Policy*, 32 (6), pp. 1081-1084.
- Rico, A. (1996). Investigación en la universidad colombiana: contexto y estrategias. *Nómadas*, 5.
- Tamayo, M. (2009). *El proceso de la investigación científica*. México: Editorial Limusa.
- Téllez, F. Investigación, desarrollo e innovación: relación con la ingeniería. *Rev. Technol.*, 10, pp. 105-124.
- Vaughn R. C. (1988). *Introducción a la ingeniería industrial* (segunda edición). Barcelona. Recuperado el 15 de septiembre de 2014 de <http://scienti.colciencias.gov.co:8083/ciencia-war/BusquedaGruposXAreaDetalles.do?codAreaConocimiento=0000000000&codRh=2K>.
- Zartha, S. J. (2012). Estudio de prospectiva de la ingeniería industrial al 2025 en algunos países miembros de la OEA. Recuperado el 10 de mayo de 2015 de <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5323/36-4.pdf?sequence=4>.



Este documento se terminó de imprimir en el mes de junio de 2015 en los  
talleres de Opciones Gráficas Editores Ltda.  
Somos una empresa responsable con el ambiente

