



Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness

*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

LA INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN COMO FACTORES DE FORMACIÓN: EXPERIENCIAS DESARROLLADAS EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GIROD – UIS – USP

Laura Juliana Meza Vega, John Faber Archila Díaz

Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Colombia

Marcelo Becker

Universidad de Sao Paulo
Sao Carlos, Brasil

Resumen

La innovación es uno de los factores clave en el desarrollo tecnológico, así mismo, determina variaciones que se presentan en indicadores de competitividad, permitiendo la apertura e inserción en mercados mundiales. Su concepto e inclusión en la formación a nivel profesional, se ha desarrollado de manera difusa; no obstante, en las Instituciones de Educación Superior (IES) se realizan múltiples esfuerzos para consolidar dicho proceso basado en la Investigación, específicamente en el área de la innovación y desarrollo tecnológico. Un ejemplo de ello, son las actividades llevadas a cabo al interior del grupo de Investigación en Robótica de servicio y Diseño Industrial (GIROD) de la Universidad Industrial de Santander, que en los últimos tres años ha dejado como resultado: 1 solicitud de patente, 15 artículos científicos y más de 40 participaciones en eventos científicos, que pueden ser clasificados como: casos de formación en investigación con énfasis en innovación fundamentadas en alianzas universidad-empresa-sociedad.

Palabras clave: innovación; desarrollo tecnológico; educación

Abstract

The innovation is one of the key factors in the technological development, also, determines variations that appear in competitiveness indicators, allowing the opening and insertion in world-wide markets. Its concept and inclusion in the formation at a professional level have been developed in a diffuse way, however, manifold efforts are being made in Superior Education Institutions to consolidate this process based on Investigation, specifically in the area of the innovation and technological development. An example of this,

are the activities carried out within the Service Robotics research and Industrial Desing Group (GIROD) of the Industrial University of Santander, which in the last three years has left as results: 1 scientific request of patent, 15 articles and more than 40 participation in scientific events, that can be classified like: cases of formation in investigation with emphasis in innovation based on university-company-society alliances.

Keywords: *innovation; technological development; education*

1. Introducción

Las actuales transformaciones guiadas por el fenómeno Globalizador, traen consigo un mayor grado de interconexión y flujos de información a nivel mundial; de hecho, la innovación y el desarrollo tecnológico han adquirido una mayor importancia y se consideran factores determinantes no solo en las variaciones que se dan en los diversos indicadores^[1] que miden la competitividad^[2] o en los procesos de apertura de los mercados mundiales, sino que inciden directamente en el proceso de formación integral a nivel profesional. Las IES realizan múltiples esfuerzos para consolidar el mismo tanto en los programas de pregrado como de posgrado. Este artículo a partir de un marco conceptual resalta la importancia generada por la interacción de estos factores; así mismo, presenta las actividades llevadas a cabo por el grupo de Investigación GIROD de la Universidad Industrial de Santander que pueden ser clasificadas como casos de formación fundamentadas en alianzas universidad-empresa-sociedad, las cuales deben ser fortalecidas constantemente a fin de mejorar la calidad en los procesos de aprendizaje y formación integral.

2. Marco Conceptual

La innovación al ser incluida en diversas políticas, planes o estrategias asume un papel determinante en la generación de crecimiento y desarrollo económico; sin embargo, en el Manual de Oslo (2005) se afirma que el conocimiento sobre las actividades innovadoras y su impacto económico, sigue siendo deficiente a pesar de que ha incrementado notablemente desde 1992. Teniendo en cuenta esto, en el manual se define a la Innovación como “la introducción de un producto (bien o servicio) o de un proceso (nuevo o significativamente mejorado), o la introducción de un método de comercialización o de organización nuevo, aplicado a: las prácticas de negocio, a la organización del trabajo o a las relaciones externas. Para ser considerada como tal, el requisito mínimo es que el producto, proceso, método comercial o método organizativo sea nuevo (o significativamente mejorado) para la empresa que lo genere o lo adopte.”

El Departamento administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) establece en el Acuerdo 01 de Junio de 2011, que no se puede generar innovación si no se ha llevado a cabo la primera fase denominada desarrollo tecnológico, entendida como “la aplicación de los resultados de la investigación, o de cualquier otro tipo de conocimiento científico, para el diseño de nuevos procesos, sistemas de producción o prestación de servicios, así como la mejora tecnológica sustancial de materiales, producto, procesos o sistemas preexistentes. Esta actividad incluirá la materialización de los resultados de la investigación en un plano, esquema o diseño, así como la creación de prototipos no comercializables y los

^[1] Seguimiento realizado por el Sistema Nacional de la Competitividad, a través de un monitoreo continuo a los factores que inciden en la competitividad del país, según dos metodologías internacionales: World Economic Forum (WEF) y Institute for Management Development (IMD).

^[2] Se entiende como la capacidad de una empresa, región, país o economía, para crecer de manera sostenida elevando la productividad y la eficiencia, diferenciando productos, introduciendo innovaciones y mejorando su organización y cadenas productivas.

proyectos de demostración inicial o proyectos piloto, siempre que los mismos no se conviertan o utilicen en aplicaciones industriales o para su explotación comercial.”

A partir de lo enunciado, la clave para generar una transformación productiva que traiga consigo un aumento en los índices no solo de crecimiento sino de desarrollo económico y por ende de bienestar social en una comunidad en general, se basa en los nuevos enfoques que se den a las actividades que tengan como propósito aplicar la innovación y el desarrollo tecnológico. Una muestra de ello, es la propuesta realizada por la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) en el documento Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo y la cohesión social donde se resalta “el fortalecimiento institucional, la formación de investigadores y tecnólogos, la creación de instrumentos de vinculación y la difusión social de los conocimientos, logrando así la cohesión social en toda la comunidad iberoamericana”.

Cabe señalar que las IES contribuyen a la formación de investigadores por medio de la capacitación de profesionales en el campo de la investigación; esta idea es confirmada por autores como Garay (2004) o Romer (1986) quienes plantean que “la apropiación y producción de conocimientos son desarrolladas en el proceso de investigación”. Igualmente, la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) en el Manual de Frascati (2002) resalta la importancia de la misma, que junto con el desarrollo experimental “comprenden el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de conocimientos, incluido el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, y el uso de esos conocimientos para crear nuevas aplicaciones”.

Para la OEI, las Universidades están en la capacidad de abarcar todas las fases del proceso de conocimiento que va desde su creación y finaliza en su transmisión y difusión; enfatizando en que “el auge de los procesos de innovación ha dado a las universidades un papel destacado como productoras de conocimiento valioso para la economía y la vida social”; por tanto, se han visto en la necesidad de replantear sus actividades y procesos de formación y así adaptarse a las nuevas tendencias enmarcadas en el contexto global. Este cambio apenas se consolida y “el ideal de una universidad identificada con la ciencia a través de la investigación y la docencia, abierta a la sociedad y sus demandas, así como a sus expresiones culturales, es todavía una tarea pendiente en Iberoamérica”

En el caso de Colombia, las Universidades desarrollan múltiples actividades entre las que se destacan las orientadas en la investigación (básica ^[3] o aplicada ^[4]), consolidando los procesos de formación a nivel profesional, gracias al desarrollo de planes, programas o proyectos, que permitan y como lo expone Guerrero (2008) “diseñar e implementar estrategias coherentes para competir en los mercados nacionales y mundiales”. En términos de indicadores relacionados con la producción científica y actividades enfocadas en ciencia, tecnología e innovación, el país ha experimentado en los últimos 6 años un crecimiento superior al 230% ^[5], para 2011 esta producción llegó a 5001 trabajos publicados, logrando ubicar a 7 universidades nacionales^[6] en el ranking mundial de investigación Scimago; No obstante, Pineda (2012) menciona que

^[3] Tomado del Manual de Frascati (2002): Investigación básica: “consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden principalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de los fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada.

^[4] Tomado del Manual de Frascati (2002): Investigación aplicada: “se emprende para determinar los posibles usos de los resultados de la investigación básica, o para determinar nuevos métodos o formas de alcanzar objetivos específicos predeterminados, es decir desarrolla ideas y las convierte en algo operativo”.

^[5] Cifras presentadas por el Ministerio de Educación Nacional, a través del SNIES.

^[6] Listadas en el orden: U. Nacional, U. de Antioquia, U. de los Andes, U. del Valle, la U. Javeriana, Universidad Industrial de Santander (UIS) y la Universidad del Rosario.

“existe cierta dinámica en el desarrollo de las mismas, sin embargo sus cifras no son las deseadas, sobre todo si se comparan con otros países, incluidos aquellos de similar desarrollo al Colombiano”

3. Experiencias desarrolladas en el grupo de investigación GIROD – UIS

A continuación se presentan algunas de las actividades desarrolladas por el grupo de Investigación GIROD de la Universidad Industrial de Santander, las cuales han contribuido al proceso de formación para la innovación a nivel profesional. Estas experiencias desarrolladas se iniciaron en el 2008^[7] y han sido lideradas por el profesor John Faber Archila. El grupo tiene como misión: “la búsqueda, apropiación y generación de nuevo conocimiento en Robótica de servicio y Diseño Industrial, enmarcado en las áreas estratégicas de la institución, con el fin de brindar alternativas de solución a problemáticas sociales y empresariales; apoyando los diversos programas de posgrado ofrecidos en la universidad y permeando el conocimiento a los procesos de formación de las escuelas asociadas y de las interesadas.” En este tiempo y por iniciativa propia, se han realizado diversos proyectos de investigación en conjunto con Universidades y empresas como:

Tabla No. 1: Proyectos realizados en conjunto con Universidades – Empresas

Proyectos Realizados en Conjunto	
<u>Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB):</u> Diagnostico del edificio de ingenierías para la implementación de Inmótica.	<u>Universidad Federal de Rio de Janeiro – Brasil (UFRJ)-CEPES (Petrobras):</u> Estudio y desarrollo de manipuladores industriales.
<u>Vicerrectoría de Investigación y Extensión VIE-UIS:</u> Estudio de exoesqueletos orientados a rehabilitación.	<u>Corporación de Investigación en Corrosión CIC:</u> Desarrollo de facilidades para la industria del petróleo.
<u>Universidad de Sao Paulo – Brasil (USP)-JACTO-EMBRAPA:</u> Estudio de aplicaciones robóticas en la agricultura.	<u>Colombiana de extrusión S.A (EXTRUCOL):</u> Estudio del sistema logístico para almacenamiento de la empresa EXTRUCOL.

Igualmente a manera de resumen se presenta la Tabla No. 2, con el listado de los productos hechos en el grupo de investigación, en los últimos 3 años:

Tabla No. 2: Resumen listado de productos GIROD

Producto	Cantidad
Libro	1
Capítulo de libro	2
Artículo en revistas científicas	20
Trabajos en evento capítulo de memoria	52
Disertación Maestría	3
Monografía Especialización	3
Trabajos de grado	34
Iniciación científica	3
Solicitud de patente	1
Productos tecnológicos	8
Cursos de corta duración	4
Proyectos de investigación	6
Registro de software	1

^[7] Año en el año que se conformó el grupo de investigación.

Se debe agregar que todos los proyectos generados por GIROD son planeados en el área de la innovación y desarrollo tecnológico; además, su desarrollo se hace en conjunto con centros de investigación o empresas, para crear productos tecnológicos de fácil divulgación y aplicación, logrando así ajustarse a las actuales tendencias globales. En la Figura No. 1 se presentan diferentes productos tecnológicos elaborados por miembros del grupo:

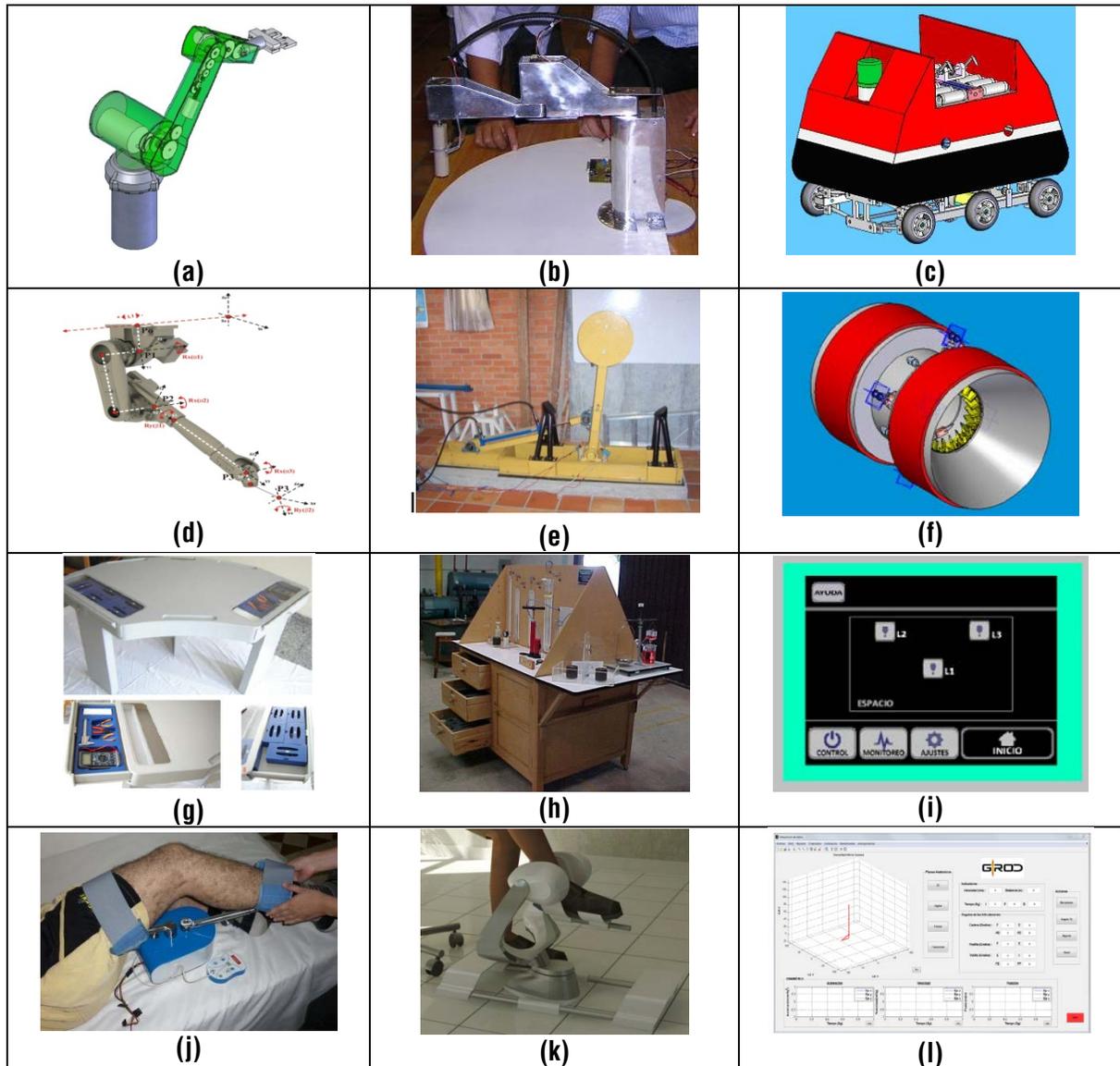


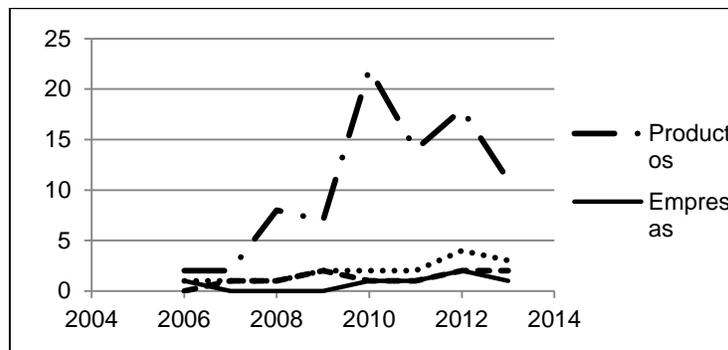
Figura No. 1: Productos tecnológicos GIROD.

a) Robot manipulador tipo PUMA. Munive, *et al.* (2006), **b)** Robot manipulador tipo SCARA. Archila, *et al.* (2008) **c)** Robot tipo AGV. Archila, *et al.* (2013), **d)** Robot Industrial KUKA. Villamizar (2011), **e)** Péndulo Invertido hidráulico. Archila, *et al.* (2010), **f)** Robot para inspección de tuberías. Archila (2008), **g)** Estación de pruebas para enseñanza de mecatrónica. Calderón, *et al.* (2006), **h)** Estación de pruebas en mecánica de fluidos. Archila, *et al.* (2001), **i)** Sistema Domótico. Román (2011), **j)** Dispositivo para rehabilitación. Reyes

(2011), **k**) Dispositivo para rehabilitación de tobillo. Carrillo (2013), **l**) Software para identificación de movimiento de articulación inferior. Gómez (2012).

Como se ha mencionado en este trabajo, GIROD contribuye con la inclusión de la innovación y el desarrollo tecnológico en el proceso de formación a nivel profesional, gracias a las actividades efectuadas bajo alianzas estratégicas con diferentes grupos de investigación y empresas tanto en Colombia como en Brasil; en la Gráfica No. 1 se aprecia la relación directa entre los productos del grupo hechos bajo estas alianzas. Entre ellas se destacan: Alianzas empresas nacionales: Extrucol S.A y Quirúrgicos Especializados; empresas brasileras como: JACTO máquinas agrícolas, EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria); las alianzas con los grupos y centros de investigación son: Laboratorio de Robótica (UFRJ), Laboratorio de Robótica Móvil (Escuela de ingeniería de Sao Carlos - Universidad de Sao Paulo), el grupo de control y mecatrónica (UNAB) y la Vicerrectoría de Investigación y Extensión VIE UIS.

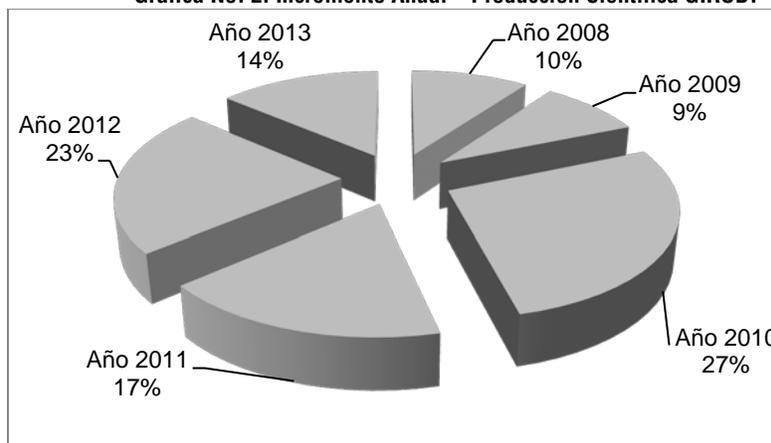
Gráfica No. 1: Productos y Alianzas GIROD



4. Resultados y Conclusiones

Las actividades realizadas en el periodo 2008-2013, dejan como resultado un incremento en la producción científica en promedio cercana al 18% (Ver Gráfica No. 2), lo que permite resaltar la importancia de incluir los conceptos de innovación y desarrollo tecnológico a través de la propuesta y ejecución de proyectos bajo la modalidad de investigación, apoyando el proceso de formación a nivel profesional.

Gráfica No. 2: Incremento Anual – Producción Científica GIROD.



Durante los 6 años de funcionamiento del grupo, se ha obtenido un crecimiento acumulado que asciende al 485%, superior al crecimiento nacional acumulado (230%), logrando así participar activamente en la realización de diversos planes, programas y proyectos formulados en las áreas de ciencia, tecnología e innovación y de esta manera contribuir en el incremento de los indicadores y aportar en la ubicación de la Universidad Industrial de Santander dentro de las Instituciones de Educación Superior con mayor producción científica, y a su vez formar profesionales en las áreas de la innovación y desarrollo tecnológico.

5. Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a: Vicerrectoría de Investigación y Extensión - VIE de la Universidad Industrial de Santander, Universidad de Sao Paulo EESC - USP (Brasil), CNPq, CAPES, FAPESP, Dra. Sandra Becker, e integrantes del grupo GIROD, por su apoyo en la realización de diversas actividades, que son el soporte y referencia de este trabajo.

6. Referencias

- Archila, J. F. Carrascal, S. Dutra, M. S. and Gil, L. (2008) Development of Scara Robot with Dynamics restrictions, Revista Colombiana de Computación, Vol. 9 No. 2, pp 47 – 58.
- Archila, R. A. and Cantero, K. M. (2010). Development and Control of an Inverted Pendulum with Hydraulics Actuators, Revista colombiana de Tecnologías de Avanzada, Vol. 1, No. 15, pp 96 -103.
- Romer, P., (1986) "Increasing returns and long run-growth ", en journal of Political Economy, Vol. 94.
- Archila, J. F. (2008) Estudio e projeto conceitual de um robô para inspeção de linhas de serviço, Dissertação de mestrado, UFRJ.
- Gómez, A. E. (2012) Estudio del movimiento de una extremidad inferior implementando un modelo computacional, por medio de cinemática robótica, procesamiento de señales y tecnología tipo MEMS, Disertación de maestría UIS.
- Archila, J. F. y Lascarro, A. (2001). Estación de pruebas en el área de naturaleza de fluidos, Trabajo de grado UIS.
- Calderón, D. E. y Rodríguez, A. M. (2006). Diseño y construcción de una estación de pruebas para prácticas con motores y sensores aplicada a la asignatura “Fundamentos de diseño mecánico”, conceptualización del taller, Trabajo de grado UIS.
- Carrillo, M. (2013). Diseño y validación de una ayuda técnica mecatrónica para el apoyo a terapias de rehabilitación aplicada en patologías asociadas a esguince de tobillo, Trabajo de grado UIS.
- Munive, R. (2004). Diseño y Construcción de un manipulador didáctico tipo PUMA, Trabajo de grado UNAB.
- Reyes, A. K. (2011). Diseño de un sistema de rehabilitación mecatrónico, basado en el estudio biomecánico de la rodilla, aplicable al tratamiento post-quirúrgico por rotura de ligamento. Trabajo de grado UIS.
- Román, R. (2011). Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo energético, Trabajo de grado UIS.
- Guerrero, A.A. (2009). Universidad- Empresa- Estado, Catedra Low Maus. Compilación GIDROT. Vicerrectoría Académica. Universidad Industrial de Santander. Primera Edición pp. 11-27.
- Área Digital. (2011, junio). Competitividad: Indicadores de Competitividad de Antioquia y sus regiones: Capítulo 1: La competitividad regional y su medición. pp. 5-6. Consultado el 24 de abril de 2013 en:

<http://www.aredigital.gov.co/comisiontriptarita/DocumentosPublicaciones/Indicadores%20de%20Competitividad.pdf>

- Biblioteca Virtual del Banco de la República. (2004, Marzo). Garay, L.J. Colombia: estructura industrial e internacionalización 1967-1996. Capítulo 5: Ciencia y Tecnología. Importancia de la investigación y del desarrollo tecnológico. Consultado el 25 de abril de 2013 en: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/economia/industriatina/089.htm#a3>
- Colciencias. (2011, junio). Acuerdo 01 de 2011. Tipología Proyectos de Carácter Científico, Tecnológico e Innovación. pp. 5. Consultado el 24 de abril de 2013 en: http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/files/Acuerdo%201%20de%202011%20y%20tipologias.pdf
- Departamento de Planeación Nacional. (2007, Noviembre). Seguimiento a Indicadores de Competitividad. Consultado el 25 de abril de 2013 en: <https://ssc.dnp.gov.co/Inicio/tabid/36/language/es-ES/Default.aspx>
- El dipló Edición Colombia. (2012, mayo). Pineda, L. El "cul de sac" del desarrollo científico y tecnológico de Colombia. Consultado el 10 de mayo de 2013 en: <http://www.eldiplo.info/portal/index.php/component/k2/item/130-el-cul-de-sac-del-desarrollo-cient%C3%ADfico-y-tecnol%C3%B3gico-de-colombia>
- El Tiempo.com. (2012, agosto). Colombia llegó a las 5.000 publicaciones científicas. Consultado el 10 de mayo de 2013 en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-12170065>.
- Gruplac scienti – Colciencias. (2008, Enero) GIROD. Consultado el 06 de mayo de 2013 en: <http://201.234.78.173:8080/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=0000000009167>
- OCDE. (2003, Marzo) Manual de Frascati: Propuesta de Norma Práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental. Consultado el 04 de mayo de 2013 en: www.mineco.gob.es/stfls/.../Investigacion/.../ManuaFrascati-2002_sp.pdf
- OCDE. (2005, octubre). Manual Oslo: Directrices para la recogida e interpretación de información relativa a innovación – Tercera Edición. Consultado el 04 de mayo de 2013 en: http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/palomas/Traduccion%20%20espanola%20del%20Manual%20de%20Oslo.pdf
- OIE. (2012, Diciembre) Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo y la cohesión social: Programa iberoamericano en la década de los bicentenarios. Consultado el 04 de mayo de 2013 en: <http://www.oei.es/cienciatecnologiainnova.htm>
- SNIES (2008) Colombia creció en 230% .Consultado el 10 de mayo de 2013 en: <http://www.mineducacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/w3-article-245356.html>

7. Sobre los autores

- **Laura Juliana Meza Vega:** Economista, Universidad Industrial de Santander. Profesional de Apoyo - Escuela de Diseño Industrial - UIS. laura.meza@correo.uis.edu.co
- **John Faber Archila Díaz:** Ingeniero Mecánico, M.Sc. Ing. Mecánica, área robótica y diseño de máquinas, Universidad Federal de Río de Janeiro. Ph.D. (c) Ing. Mecánica, Universidad de Sao Paulo. Profesor Universidad Industrial de Santander. jfarchid@uis.edu.co
- **Marcelo Becker:** Doctor en Ingeniería Mecánica, Universidad Estadual de Campinas (FEM - Unicamp). Posdoctorado - laboratorio de Sistemas Autónomos EPFL – Lausanne, Suiza. Profesor departamento de Ingeniería Mecánica - Escuela de Ingeniería de Sao Carlos (EESC-USP). becker@sc.usp.br

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)