

TENDENCIA DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL*

Trends of industrial engineering

*Pablo César Franco Vásquez***

* Artículo resultado de revisión bibliográfica realizado en el marco de los estudios de tendencias de la disciplina de la Universidad Católica de Pereira.

** Profesor de planta de la Universidad Católica de Pereira. Contacto: pablo.franco@ucp.edu.co

RESUMEN:

El artículo muestra la tendencia de la ingeniería industrial, sus nuevos campos y tensiones entre las disciplinas que la conforman, para ello se realizó una investigación inicialmente de corte exploratorio que fue tomando características descriptivas a medida que se avanzó en el proceso debido a que se buscó especificar las propiedades y características, tanto de los programas como grupos o comunidades académicas que fueron sometidas al análisis. Este análisis permite al final de la investigación distinguir que las tendencias de la disciplina se orientan hacia la cualificación del ingeniero en el manejo de herramientas como CRM, CPFR, EDI, ERP, Minería de Datos, Análisis Multivariado, SMED, POKA JOKE, WMS, CIM y filosofías como el JIT, Lean Manufacturing, Gestión de la Calidad; además de un fuerte enfoque hacia lo ambiental, la logística y la cadena de abastecimiento.

PALABRAS CLAVES:

Ingeniería Industrial, Logística, Calidad, Tendencia.

ABSTRACT:

The article shows the trend of industrial engineering, its new fields and tensions between the disciplines that form it, for that reason a research was carried out, initially it was exploratory court which was taking descriptive characteristics as advanced in the process due to it sought specify the properties and characteristics of both the programs and the academic communities or groups that were subjected to analysis. This analysis allows at the end of the research to distinguish that the trends of the discipline are oriented toward the engineer qualification in handling tools such as CRM, CPFR, EDI, ERP, data mining, multivariate analysis, SMED, POKA JOKE, WMS, CIM and philosophies such as JIT, Lean Manufacturing, Quality Management, in addition to a strong focus on environmental, logistics and supply chain.

KEY WORDS:

Industrial Engineering, Logistic, Quality, Trend

TENDENCIA DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Para citar este artículo: Franco Vázquez, Pablo C. (2015). "Tendencia de la ingeniería industrial".

En: Revista Académica e Institucional Páginas de la UCP, N° 97. p. 93-108

Primera versión recibida el 21 de abril de 2014. Versión final aprobada el 4 de junio de 2015

En 1911 Going en su libro "Principles of Industrial Engineering" mencionaba que "La ingeniería industrial es el instrumento para la buena marcha de la fabricación, construcción, transporte, o incluso los sectores comerciales de cualquier empresa. Se dedica a mejorar el trabajo humano para realizar cualquier tipo de producción. Se ha basado en la ingeniería mecánica, sobre la economía, la sociología, la psicología, la filosofía, la contabilidad, para transferir estas ciencias mayores a un grupo distinto de la ciencia propia. Es la inclusión de los elementos económicos y humanos diferenciándola así de la establecida en campos más antiguos de la profesión" (Going, 1911, p. 1).

Para mediados de siglo, la ingeniería se definía como

El diseño de situaciones para la coordinación de la utilidad de hombres, materiales y máquinas a fin de lograr los resultados deseados de una manera óptima. Las características únicas de la ingeniería industrial ponen su centro en la consideración del factor humano, ya que se relaciona con los aspectos técnicos de una situación y la integración de todos los factores que influyen en la situación general (Lehrer, 1954, p. 4).

Según el Dr. Narayana Rao, profesor del National Institute of Industrial Engineering en Mumbai (India):

La ingeniería industrial es una disciplina dentro de la ingeniería que se ocupa del

diseño del esfuerzo humano en todas las ocupaciones: agrícola, manufacturero y de servicios. Sus objetivos son la optimización de la productividad del trabajo y de los sistemas de trabajo y la comodidad, la salud, la seguridad y el beneficio económico de las personas involucradas (Rao, 2006, p. 1-4).

La Organización más grande del mundo, orientada al campo del conocimiento y estudio de la ingeniería Industrial es el Instituto de ingenieros industriales, conocido en el mundo como el IIE por sus siglas en Inglés, para ellos

La ingeniería industrial concierne con el diseño, mejora, e instalación de sistemas integrados por personas, material, información, equipo y energía. Utiliza conceptos de las áreas de matemáticas, física, ciencias sociales, e ingeniería para evaluar y predecir el comportamiento de tales sistemas (Nadler, 1955, p. 12).

Como se puede observar, luego de más de un siglo de evolución en el concepto de la disciplina, los núcleos centrales de su razón de ser se conservan, aunque aparecen nuevos tópicos que perfilan la profesión hacia nuevos campos del conocimiento relacionados con la información, la tecnología y la energía. Para develar los matices que estos tópicos pueden dar a los currículos modernos de la carrera se realizó la investigación que motivó el siguiente informe.

Páginas No. 97

Estado del arte de la disciplina

Análisis nacional

La formación profesional en nuestro país se ha dinamizado de forma drástica en los últimos años. Cada día la oferta académica cambia; en algunos casos, programas académicos se masifican y en otros, por el contrario, la demanda disminuye. Por otra parte, los procesos de globalización de la economía ejercen presión en cambios estructurales dentro de la formación universitaria del país haciendo que se modifiquen aspectos curriculares, duración de los programas, flexibilización y hasta estimulen la aparición de nuevas carreras. La ingeniería industrial ha tenido una tendencia creciente en el número de estudiantes graduados y programas de formación en los últimos años. De acuerdo con el SNIÉS, Sistema Nacional de Información de Educación Superior, existen en la actualidad 121 programas de formación en ingeniería industrial en todas las modalidades, de los cuales 4 son de formación a distancia y el restante número, 117, son programas de formación presencial; de estos, 22 presentan registro de alta calidad.

De acuerdo con las estadísticas generadas por el SNIÉS (Figura 1), la evolución del número de estudiantes graduados del año 2005 al 2010 permite observar el aumento en el número de estudiantes del programa a nivel nacional.

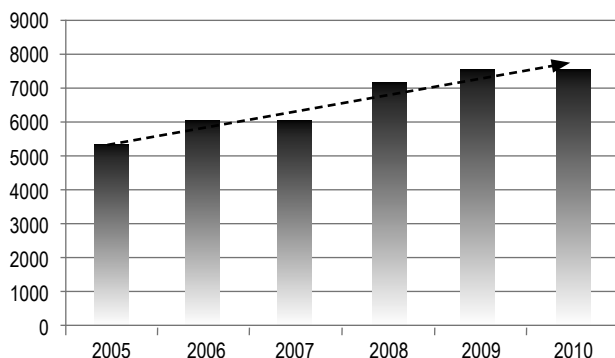


Figura 1. Graduados a Nivel Nacional en Ingeniería Industrial

Basado en <http://www.graduadoscolombia.edu.co:8380/eportal/web/snies/estadisticas>
Nota: Los datos 2011 y 2012 aun no están disponibles

Otro elemento a resaltar en el estado del arte para el programa de ingeniería industrial es el grado de aceptación laboral, es decir, en qué medida el mercado laboral profesional del país está acogiendo a estos egresados. En el marco del Observatorio Laboral para la Educación 2010 y en palabras de la ministra de educación:

carreras como ingeniería industrial, civil y medicina son algunas de las que tienen mayor grado de vinculación laboral, es decir, que sus profesionales están siendo muy demandados por el mercado. Igualmente, estas tres carreras son muy bien remuneradas con respecto a otras que también registran un alto número de graduados. Por ejemplo, de los graduados entre 2001 y 2009 de ingeniería industrial, el 82,5% está vinculado al sector formal de la economía y tienen un salario promedio de \$1'585.887. De los egresados de medicina, el 90,4% tiene trabajo y gana en promedio \$2'162.672; mientras que de los ingenieros civiles, el 82,9% está trabajando con un sueldo de \$1'499.332. (Otálora, 2010, p. 1)

En relación con postgrados, el programa tiene un comportamiento similar con una variedad de especializaciones, maestrías y doctorados en todo el país.

De acuerdo con el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES, y la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI (ICFES-ACOFI, 2005), las competencias que se espera posea el Ingeniero Industrial, son:

- Modelación de fenómenos y procesos, mediante la identificación de aspectos y características relevantes; establecimiento y análisis de relaciones entre variables; y planteamiento de hipótesis y generación de

alternativas de representación del fenómeno o proceso observado.

- Resolución de problemas mediante la aplicación de las ciencias naturales y las matemáticas, utilizando un lenguaje lógico y simbólico; la identificación y comprensión de las variables que definen un problema; la selección de métodos apropiados para solucionarlo; y el planteamiento de hipótesis y generación de alternativas de solución.
- Comunicación efectiva y eficaz en forma escrita, gráfica y simbólica, mediante la lectura, comprensión e interpretación de textos científicos, gráficas, datos e información experimental, planos e imágenes de sistemas mecánicos; la argumentación de ideas técnicas a través de textos, gráficas, reportes de datos experimentales, planos e imágenes; y la propuesta de ideas técnicas a través de idénticos soportes.
- Análisis, diseño y evaluación de componentes o procesos organizacionales o de sistemas complejos, mediante la identificación de problemas de las organizaciones desde diferentes perspectivas técnicas, organizacionales, financieras, económicas, entre otras, así como las herramientas propias de la profesión, para encontrar alternativas de solución; el análisis y evaluación de soluciones a los problemas identificados de las organizaciones o sistemas complejos y la selección de aquellas que mejor se adecuen a las especificaciones establecidas.
- Planeación, diseño y evaluación del impacto (social, económico, tecnológico y ambiental) y gestión de proyectos de ingeniería industrial, mediante la identificación de elementos fundamentales de orden técnico, de mercadeo, administrativo, operacional o

financiero, de un problema para formular alrededor de él un proyecto; análisis y evaluación de un problema de decisión de inversión derivado de un proyecto teniendo en cuenta los aspectos técnico, operacional, administrativo, financiero, económico, ambiental y social; formulación de proyectos frente a problemáticas organizacionales o de sistemas complejos, como respuesta a dichas problemáticas de manera eficiente, incorporando las mejores prácticas de ingeniería y los conocimientos, destrezas, herramientas y metodologías adquiridas, de naturaleza científica, técnica, tecnológica y profesional.

Reflexión epistemológica

La epistemología estudia cómo se genera y se valida el conocimiento de las ciencias; su función consiste en analizar los preceptos que se emplean para justificar los datos científicos, considerando los factores sociales, psicológicos y hasta históricos que entran en juego. En ese sentido, se puede establecer de manera más clara que la epistemología se encarga de abordar la filosofía y el conocimiento a través de la respuesta a diversas preguntas como ¿qué es el conocimiento?, ¿cómo se lleva a cabo el razonamiento? o ¿cómo se comprueba que lo entendido es verdad?

Para la reflexión epistemológica sobre ingeniería industrial se debe plantear un esbozo general de los problemas relacionados con esta disciplina, sustentados en las relaciones entre las diversas ciencias que componen su campo de acción, debido a que allí subyacen los orígenes de los principales cuestionamientos. La epistemología se plantea también el problema de las relaciones entre los dos grandes grupos en que se distribuyen las ciencias. En general, se admite la división entre las ciencias formales, por una

parte, lógica y matemáticas, y las ciencias de lo real, por otra. Campos del conocimiento integradores del oficio profesional del ingeniero industrial.

Los problemas epistemológicos más particulares, relacionados con las ciencias de la vida y las ciencias del hombre también integran la complejidad del paradigma abordado por esta disciplina. Aparecen en estas ciencias conceptos fundamentales comunes a la física, como el concepto de ley, pero aparecen también conceptos ajenos a ella, como el de ser; estas ciencias hablan de hechos, pero también de valores. Dimensiones integradoras de los currículos de los ingenieros industriales que abordan la dimensión humana.

Para llegar a entender qué es la ingeniería industrial, se debe definir primero que es ingeniería. Esta es definida como la “aplicación sistemática del conocimiento científico en el desarrollo y operacionalización de la tecnología” (Jaramillo Sierra, 1999) y es “una ciencia en sí misma”. Sin embargo, existe una diferencia entre el científico y el ingeniero: en tanto que el científico descubre patrones en los fenómenos para tratar de entender el mundo y busca demostrar que la teoría explica los datos, el ingeniero busca esos mismos patrones para manipular el mundo y elaborar diseños de ingeniería que funcionen (Jaramillo Sierra, 1999, p. 39); “El científico apunta hacia el descubrimiento de nuevo conocimiento, útil o no, mientras que el ingeniero lucha por aterrizar el conocimiento antiguo o nuevo, y usarlo para resolver las necesidades de la humanidad” (Jaramillo Sierra, 1999, p. 40).

La ingeniería ha sido motor fundamental del desarrollo tecnológico de la humanidad, especialmente a partir del siglo XX: “El ingeniero tipifica el siglo XX. Sin su genio

y las vastas contribuciones que ha hecho en diseño y producción desde el ángulo material de la existencia, nuestra vida contemporánea no habría alcanzado jamás sus niveles actuales”. (Sloan, 1999, p. 40)

Para Hodson (1996, p. 15), la ingeniería industrial es aquella cuyo propósito es “diseñar, establecer y mantener los sistemas administrativos para una eficiente operación”.

El Ingeniero Industrial puede ser visto como el agente gestor del mejoramiento de la productividad. Sus esfuerzos se dirigen a implementar el mejor proceso de producción, a través del diseño de sistemas integrados que involucran los aspectos más importantes de una empresa tales como: los empleados, los materiales utilizados, la información, los equipos incluyendo las nuevas tecnologías, y por supuesto la energía disponible (IIE, 2009, p. 1).

Como área del conocimiento humano, la ingeniería industrial forma profesionales capaces de planificar, diseñar, implantar, operar, mantener y controlar eficientemente organizaciones integradas por personas, materiales, equipos e información con la finalidad de asegurar el mejor desempeño de sistemas relacionados con la producción y administración de bienes y servicios [...] La Ingeniería Industrial abarca el diseño, la mejora e instalación de sistemas integrados de hombre, materiales y equipos. Con sus conocimientos especializados y el dominio de las ciencias matemáticas, físicas y sociales, juntamente con los principios y métodos de diseño y análisis de ingeniería, permite predecir, especificar y evaluar los resultados a obtener de tales sistemas (ICFES- ACOFI, 2005, p. 1).

Los fundamentos y conceptos generados por el Instituto de Ingeniería Industrial (IIE), se constituyen en el soporte epistemológico

aceptado por ACOFI (2009) en el estudio prospectivo de la Ingeniería Industrial en Colombia.

Según el IIE,

La ingeniería industrial concierne con el diseño, mejora, e instalación de sistemas integrados por personas, material, información, equipo y energía. Utiliza conceptos de las áreas de matemáticas, física, ciencias sociales, e ingeniería para evaluar y predecir el comportamiento de tales sistemas” (IEEE, 2009, p. 1)

El estudio del desempeño del hombre y su comportamiento frente al trabajo involucrando el uso de nuevas tecnologías y la relación entre estos dos es conocida actualmente como cibernética. Esta ciencia ha permitido que los ingenieros industriales alcancen espacios enfocados en el mejoramiento de la productividad desde los mismos orígenes de la disciplina; testimonio de esto son los aspectos resaltados por Frederick Winslow Taylor (1911)

En la actualidad, la amplitud del papel del ingeniero industrial incluye el análisis de sistemas, el uso de estadísticas avanzadas y el desarrollo y uso de modelos de simulación, aspectos que han venido siendo incluidos cada vez más en los planes de estudio, y que deben propender por la reconvergencia (Dumitru Chitoran, 1998), la cual según la UNESCO (1994) es la fase actual en que se encuentra la educación superior en el mundo, y en la que lo universal e internacional se constituyen en su fundamento.

La gran amplitud de posibilidades en las que el ingeniero industrial puede ejecutar su rol y la diversidad de posibilidades para los currículos de formación ha motivado la aparición de acreditaciones internacionales,

tales como ABET, federación que certifica que el plan de estudios forma a sus titulados en las competencias requeridas por la profesión de acuerdo con unos estándares de calidad y a las competencias básicas que debe poseer un ingeniero en el mundo, independientemente del país en el cual realiza su formación.

En tal sentido, la epistemología de la ingeniería se puede considerar con un enfoque transdisciplinario con las ciencias básicas, las ciencias sociales, el diseño y la realización práctica. De forma que es posible pensar en el ingeniero como un profesional que combina, en diferentes proporciones, las cualidades de un científico, un sociólogo, un diseñador y hacedor desde las diferentes subdisciplinas de la ingeniería.

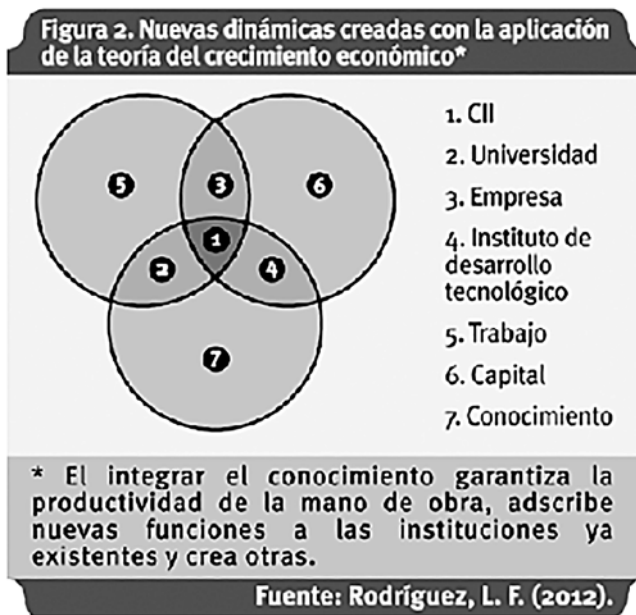
Enseñabilidad de la ingeniería industrial

La ingeniería industrial deviene como una nueva forma de disposición que fue preciso que asumieran los agentes responsables de la industrialización, al hacerse necesaria la aplicación de los principios de racionalidad de Taylor en las recién creadas fábricas. Estas muy pronto se constituyeron en organizaciones que producían un amplio espectro de bienes y servicios, y entonces fueron denotadas con la distinción de empresas, convirtiéndose en objeto de saber escolarizable, y por tanto, en una nueva disciplina.

Los principios de eficiencia y productividad sobre los cuales se fundamenta la racionalidad económica del proceso de industrialización se convirtieron en el principal capital y elemento constitutivo del *habitus*, parafraseando a Bourdieu (1991), o en el campo de acción propios del ingeniero industrial. Por ende, el aparato escolar asume como responsable de capacitar la mayor cantidad de mano de obra

de manera eficiente y productiva, la universidad adquiere nuevas funciones al encargarse de acercar el conocimiento con el mundo del trabajo (Unesco, 1998) y formar en este proceso a los nuevos agentes del campo industrial.

La evolución del área de conocimiento y la aparición de tecnologías afines favorecieron con el tiempo la creación de los institutos de desarrollo científico y tecnológico (Bustamante, 1996). El escenario creado por los actores a partir de la alianza entre los gremios de la producción y el sector académico se puede apreciar en la Figura 2.



La enseñabilidad de la ingeniería industrial está mediada también por la interacción del campo social donde se desenvuelva y la tensión principal se da entre el espacio empresarial y el académico, soportado por las dimensiones humana, técnica y tecnológica.

De manera más específica, la mirada profesoral sobre un saber científico objeto de enseñanza se enclava en el hecho de que la enseñabilidad

y esta última tienen su sentido cultural, social, político y económico, en la complejidad de todo proyecto epistemológico, pedagógico y didáctico, el que a su vez, debe ser congruente con el proyecto educativo institucional del cual tiene necesariamente que hacer parte (Fourez, 1997).

Principales corrientes en debate

La ingeniería industrial es el área del conocimiento humano, orientada hacia la formación de profesionales capaces de planificar, diseñar, implantar, operar, mantener y controlar, eficientemente, organizaciones integradas por personas, materiales, equipos e información, con la finalidad de asegurar el mejor desempeño de los sistemas relacionados con la producción y administración de bienes y servicios:

El Ingeniero Industrial puede ser visto como el agente gestor del mejoramiento de la productividad. Sus esfuerzos se dirigen a implementar el mejor proceso de producción, a través del diseño de sistemas integrados que involucran los aspectos más importantes de una empresa tales como: los empleados, los materiales utilizados, la información, los equipos incluyendo las nuevas tecnologías, y por supuesto la energía disponible (IIE, 2009, p.1).

Tradicionalmente, los ingenieros industriales determinan las maneras más efectivas para usar los factores básicos de producción: mano de obra, máquinas, materiales, información, y energía, para fabricar un producto o para proveer un servicio. Se enfocan en las metas de la dirección y el cumplimiento operacional. Tienen como meta el logro de niveles altos de productividad mediante la dirección del personal, los métodos de organización de negocio, los recursos y la tecnología. El aspecto más distintivo de la ingeniería industrial es la flexibilidad que

ofrece. Ya sea en una línea de producción, modernizando una sala de operaciones, distribuyendo productos en el ámbito mundial, o en fabricación de automóviles superiores, todos comparten la meta común de ahorrar el dinero de la empresa y aumentar su eficiencia. Los ingenieros industriales diseñan procesos y sistemas de forma tal que la calidad de los productos sea alcanzable dentro de parámetros de costos razonables. Trabajan para eliminar desperdicio de tiempo, dinero, materiales, energía, y otras mercancías, redundando en aumento de niveles de productividad.

Ahora bien, y en coherencia con lo expuesto en el estado del arte, las principales corrientes que demarcan el norte para el programa de ingeniería industrial en el ámbito mundial son: corriente ambiental (punto 5 de tendencias mundiales): La reducción del impacto ambiental de los procesos industriales, del producto y del desperdicio de producción establecen necesidades de formación en los programas académicos enfocadas al desarrollo de competencias en el diseño, planeación, programación, ejecución y control de estrategias e instrumentos como la Producción Más Limpia (PML), Sistemas de Gestión Ambiental, Procesos de certificación como por ejemplo ISO 14000, Diseño para el ambiente (DFE), Ecoeficiencia, Teoría del análisis del ciclo de vida Evaluación del impacto del ciclo de vida (LCIA). (National Research Council, 1998).

El nuevo rol del ingeniero desde la dimensión ambiental

Ante un contexto ambiental complicado y con los cambios que se aproximan, el ingeniero industrial ocupará un lugar central en la escena mundial. Actualmente, su desempeño es importante en aspectos científicos, económicos y sociales.

Esta tendencia es internacional, y el Premio Nobel de la Paz, 2007, es otra muestra del reconocimiento que recibiera el IPCC (*Intergovernmental Panel of Climate Change*) de la mano del Ingeniero Industrial R.K. Pachauri (2014, p. 1):

Las actividades humanas se dan hoy a una escala que comienza a interferir con sistemas naturales, como el clima mundial. El cambio climático es un asunto complejo y de enorme dificultad; por ello, los responsables de políticas necesitan una fuente de información objetiva acerca de las causas del cambio, sus posibles repercusiones medioambientales y socioeconómicas, y las posibles respuestas.

El mundo es nuestro hogar y no se puede permitir que por el afán de satisfacer el ritmo de producción que demanda la economía actual deterioremos más el medio ambiente.

Corriente logística

Constituida en los últimos años como una de las corrientes más importantes de la ingeniería industrial, ha tenido marcados desarrollos tanto conceptuales como tecnológicos, que la redefinen constantemente generando demandas de nuevos conocimientos y tecnologías, como por ejemplo: bodegas y centros de distribución automatizados, RFID basados en radiofrecuencia, Sistemas de información ERPs, *Voice Picking*, *Pick to Light*, AGV (Automated Guided Vehicles), GPS, Intercambio electrónico de datos (EDI), 3PL, 4PL, además de una tendencia relacionada con la corriente anterior que es la logística inversa o reversa, también conocida como *Green Logistic* (logística verde).

La logística verde se enfoca en la transformación integral de las estrategias de la logística,

estructuras, procesos y sistemas para empresas y redes empresariales, para crear procesos de logística ambientalmente racionales y un uso eficaz de los recursos. El sistema de destino “verde” de logística se lleva a cabo a través de un equilibrio entre la eficiencia económica y ecológica. Esta nueva tendencia se basa en hacer el mejor uso de los recursos de logística e impulsar el desarrollo de una economía circular, concentrándose en el uso de las materias primas, almacenaje verde, transporte ecológico, procesamiento, reciclaje de los desechos, entre otros:

La presión de las tendencias ambientales, culturales y sociales, y la escasez de los recursos naturales, exigirán a las empresas manufactureras el desarrollo y optimización de la Logística Reversa, que les apoye no solo en su desempeño operativo, sino más aún, en algunos casos en su competitividad; pero esta Logística Reversa es más compleja de manejar que la logística directa, (hacia delante), por la alta variabilidad en factores como: pronósticos de demanda, calidad de los insumos, estandarización, confiabilidad en las entregas, trazabilidad de los productos, etc., y su manejo es uno de los desafíos más importantes de la Ingeniería Industrial; pero, el desafío no es sólo para el área de producción, también lo es para la estructura organizacional y las políticas empresariales. La optimización de la Logística Reversa exigirá su integración con la logística directa, en un solo sistema de ciclo cerrado: la -Logística Integral (Sánchez 2006 p. 13-22).

Otra línea de muy fuerte crecimiento en los últimos años y con proyecciones muy ambiciosas es la Administración de la cadena de abastecimiento. Esta se entiende como el

proceso que vincula proveedores, fabricantes, minoristas y clientes para desarrollar y entregar productos como una sola organización virtual. Esto se hace para combinar diversos recursos, habilidades e información. La Administración de la Cadena de Abastecimientos es una de las áreas claves que están siendo enfocadas por las principales compañías para ganar ventaja competitiva.

Corriente Globalización

Características del ingeniero industrial desde la visión de la “Sociedad de la Información”

La aldea global, como se le conoce a esta nueva era, se caracteriza por darle un mayor valor al trabajador del conocimiento donde el saber, la información y la evolución tecnológica marcan las categorías privilegiadas para el desarrollo; por ende, el aprendizaje continuo es requisito fundamental de los profesionales hoy en días debido a que los cambios en nuestra sociedad en lo referente al conocimiento son tan rápidos que en poco tiempo un egresado es obsoleto sino se mantiene al ritmo del desarrollo de nuevos conocimientos y tecnologías.

Los ingenieros industriales de hoy encontrarán un mercado laboral caracterizado por empresas (extendidas) con información integrada y estructuras empresariales orientadas a procesos, donde los mercados meta son a nivel mundial, así como las cadenas de abastecimiento son diseñadas globalmente. El enfoque en la satisfacción del cliente es más notorio que en la década pasada incentivando estrategias de mercadeo y comercio mucho más agresivas.

Resumiendo lo anteriormente expuesto el ingeniero industrial del mañana debe tener una formación privilegiada en el manejo de *software* y filosofías empresariales como el CRM,

CPFR, EDI, ERP, Minería de Datos, Análisis Multivariado, SMED, POKA JOKE, WMS, CIM etc., que le permitan desenvolverse de la manera más profesional posible en esas condiciones de mercado.

Corriente calidad

El control de calidad y los sistemas de gestión son dos caminos robustos en los que el ingeniero industrial puede enfocar su desempeño profesional; además, hoy en día sigue siendo uno de los pilares fundamentales de competitividad para las empresas e industrias. El control industrial debe estar en cada uno de los objetivos de la organización, desde que se asume el compromiso de producción o la prestación del servicio hasta que se concreta, colocándolo en manos del usuario, pues de esta manera se tendrá la seguridad de que los productos o servicios puedan abrirse paso en un mercado cada vez más competitivo.

El ingeniero industrial es el primer llamado a asumir los retos que el mundo actual está implantando progresivamente bajo un esquema de apertura de mercado y tratados de libre comercio, estableciendo la cultura del cambio y la exigencia de la calidad. Por ello, el ingeniero industrial debe capacitar, preparar, motivar, incentivar al activo más importante de la empresa, el trabajador, a fin de que pueda hacer cada vez mejores productos, mejorar la calidad de vida de los consumidores satisfaciendo sus necesidades, así como lograr que las empresas sean más competitivas, prósperas y coherentes es su desarrollo estratégico para contribuir al desarrollo del país.

El control de calidad ha evolucionado en los últimos años debido al desarrollo e impulso de las teorías japonesas y a las filosofías como el Kaizen, el mejoramiento continuo, el Diseño

Robusto de *Genichi Taguchi* y las 5 S (*housekeeping*), además de desarrollos enfocados en la tecnología de producción y de diseño como el *Poka Yoke*.

La tabla 1 muestra la tendencia futura de la calidad de los últimos 15 años hasta el 2011.

SUMMARY OF KEY FORCES IN ASQ FUTURE OF QUALITY STUDIES						
	1996	1999	2002	2005	2008	2011
1	Changing Values	Partnering	Quality Must Deliver Bottom-Line Results	Globalization	Globalization	Global Responsibility
2	Globalization	Learning System	Management Systems Increasingly Will Absorb the Quality Function	Innovation/creativity / Change	Social responsibility	Consumer Awareness
3	Information Revolution	Adaptability and Speed of Change	Quality Will Be Everyone's Job	Outsourcing	New Dimensions for Quality	Globalization
4	Velocity of Change	Environmental Sustainability	The economic Case for a Broader Application of Quality Will Need to be Proven	Consumer Sophistication	Aging Population	Increasing Rate of Change
5	Increased Customer Focus	Globalization	Global Demand for Products and Services Will Create a global Workforce	Value Creation	Demand for Healthcare	Workforce of the Future
6	Leadership	Knowledge Focus	Declining Trust and Confidence in Business Leaders and Organizations	Changes in Quality	Environmental Concerns	Aging Population
7	Quality in New Areas	Customization and Differentiation	Rising Customer Expectations		21 st Century Technology	21 st Century Quality
8	Change in Quality Practices	Shifting Demographics				Innovation

Tabla 1. Fuerzas clave para el futuro de la calidad (American Society For Quality, 2011, p.32)

Corriente producción o dirección de operaciones

Desde el siglo pasado, la crisis y el futuro de los modelos de producción han sido objeto de un fuerte debate interdisciplinario, pluridisciplinario y de carácter internacional que ha incluido tanto la dimensión macro (rol del estado, sistema laboral, sistema educativo, etc.) como lo micro (auto determinación estratégica, estrategia de la firma, modelos de gestión de los recursos humanos, etc.) de dichos modelos.

Cuando se reflexiona sobre el concepto de modelo antiguo de producción o el modelo nuevo de producción siempre se establece un debate que se torna a menudo confuso, ya que no existe consenso en torno a la definición del concepto de modelo “antiguo” ni a las características que asumirían los “nuevos” (Linhart, 1997). Lo único que es cierto hoy es

la aceptación clara de la existencia de modelos completamente diferentes al taylorista-fordista, los cuales han planteado, a menudo, visiones evolucionistas de desarrollo que supondrían la existencia de diferentes “etapas de transición” hacia las “nuevas” formas de producción.

La globalización de la economía y la necesidad de responder de una mejor y más rápida manera a las restricciones impuestas por el mercado, han inducido a las empresas a abandonar las “rigideces” propias de los sistemas técnicos y organizativos del taylorismo, a buscar nuevas estrategias de producción y organización del trabajo basadas en la introducción del criterio de flexibilidad y de nuevas tecnologías.

Entre las teorías que reflexionaron sobre la crisis del taylorismo se pueden nombrar la teoría de la regulación francesa (Boyer, 1989), la de la especialización flexible (Piore y Sabel, 1990), el Toyotismo y la Lean manufactura, la corriente de la reprofesionalización del trabajo (Kern y Schuman, 1988), la construcción de los distritos industriales (Beccatini, 1988), entre otros. Estos enfoques se diferencian entre sí según sea la forma en que interpretan la crisis del paradigma socioproductivo precedente y las tendencias que visualizan en los procesos productivos y las relaciones laborales actuales (De la Garza, 2000, Neffa, 2000).

Aunque existen diversos modelos productivos que se presentan como alternativos al taylorismo-fordismo¹, los especialistas, por lo general, destacan tres principales teorías que proponen soluciones a la crisis en términos postfordistas²:

el regulacionismo, el neoschumpeterianismo y la especialización flexible (De la Garza, 2000).

Las teorías señaladas -aunque privilegian distintas estrategias- tienen en común la aceptación de una idea central: que la flexibilidad es un criterio productivo y organizativo impuesto como nueva necesidad frente a las condiciones inciertas del mercado. La flexibilidad, asociada a aspectos tan diversos como competencias del trabajador, productos diferenciados, nuevas tecnologías o principios de organización del trabajo (Hyman, 1993), es concebida por estas teorías como el puente que conecta el fordismo con el postfordismo (Coller, 1997).

Frente a las diversas conceptualizaciones existentes, se puede denominar, de manera general, a la flexibilización como una estrategia empresarial, que se traduce en un conjunto de prácticas con el objetivo de lograr la adaptación de la organización a un entorno incierto y variable (Coller, 1997; Urrea Giraldo, 1999). Citando a De la Garza (2000a:162), la flexibilidad puede definirse entonces como “la capacidad de la gerencia de ajustar el empleo, el uso de la fuerza de trabajo y el salario a las condiciones cambiantes de la producción” Esta capacidad se ejerce de formas diversas dependiendo de los contextos institucionales de actuación, las interacciones entre los actores organizacionales y las culturas de trabajo existentes en cada caso. La tabla 2 muestra un resumen cronológico de los principales conceptos, instrumentos y creadores de principios relacionados a la administración de operaciones.

1 Para Zarifian (1995), son cuatro modelos de organización alternativos: modelo clásico renovado, de cooperación horizontal, de organización por proyectos y de organización por procesos estratégicos.

2 Los modelos pueden diferir de los mostrados. Neffa (2000), por ejemplo señala la existencia de cinco nuevos modelos: la perspectiva neoliberal, la neoschumpeteriana, la democracia industrial, la especialización flexible y la “lean production” identificada con el toyotismo

DECADA	CONCEPTO	INSTRUMENTO	ORIGINADOR
1910	• Principios de la administración científica	• Estudio de tiempos	Frederick Taylor (EU)
	• Psicología industrial	• Estudio de movimientos	Frank y Lilian Gilbreth (EU)
	• Línea móvil de montaje	• Gráfica de Gantt	Henry Ford y Henry Gantt
	• Volumen económico del lote	• La Q aplicada al control de inventario	Charles Sorensen
		• Partes estandarizadas	
1930	Control de calidad	Muestreo y tablas estadísticas para el control de calidad	Walter Shewhart (EU)
1940	Equipos multidisciplinarios para enfoques de sistemas complejos	Método Simplex para la programación lineal	Grupos de investigación de operaciones (Inglaterra) y George B. Dantzing (EU)
1950 -1960	Enorme desarrollo de herramientas para la investigación de operaciones	Simulación, teoría de la fila de espera, teoría para la toma de decisiones, programación matemática, programación de proyecto para las técnicas PERT y CPM	Investigadores de EU y Europa Occidental
1970	Utilización de las computadoras en los negocios	Programación del taller, control de inventarios, pronósticos, admón. de proyectos, MRP	IBM, Joseph Orlicky y Oliver Wight (EU). MRP
	Productividad y calidad de los servicios	Producción masiva en el sector de los servicios	McDonald's
1980	Paradigma de la estrategia de producción	La producción como un arma para la competencia	HARVARD (EU)
	Producción esbelta, JIT, TQC y automatización	Kanban, poka-yokes, CIM, FMS, CAD/ CAM, robots, etc.	Tai-ichi Ohno de Toyota (Japón) Deming y Juran (EU)
	Producción sincronizada	Análisis de cuellos de botella, OPT, TOC	Eliyahu Goldratt (Israel)
1990	Administración por la calidad total	Premio Baldrige a la calidad, ISO 9000, desarrollo de la función de la calidad, Ingeniería concurrente y valor, mejora continua	National Institute of Standards and Technology, American Society of Quality Control (EU). International Organization for Standardization (Europa)
	Reingeniería de los procesos de la empresa	Paradigma del cambio radical	Michael Hammer (EU)
	Calidad Six – sigma	Instrumentos para mejorar la calidad	Motorola y General Electric (EU)
	Empresa Electrónica	Internet, World Wide Web	Gobierno de EUA, Netscape Communication Corporation y Microsoft Corporation
	Administración de la cadena de suministros	SAP / R3, software cliente/servidor	SAP (Alemania), Oracle (EUA)
2000	Comercio electrónico Ciencias de los servicios	Internet, World Wide Web	Amazon, Yahoo, FedEx
2010	Diseño de producto	QFD, Despliegue de la función calidad	Mitsubishi Heavy Industries
	Mantenimiento	TPM, total productive maintenance	Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta

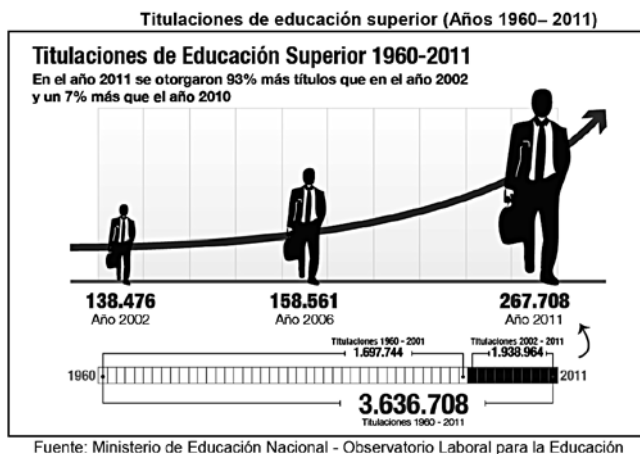
Tabla 2. Cronografía de la administración de operaciones (Gregorio Lezama, 2013 p. 5)

En conclusión, los sistemas de producción modernos deparan al ingeniero industrial una serie de interrogantes a resolver desde su perspectiva profesional, enfocados al logro de la integración de la tecnología, el conocimiento,

la velocidad de cambio, y el cumplimiento de los objetivos de las organizaciones, como lo son el control de los costos, la productividad, la competitividad y la generación de riqueza para los accionistas.

Programas de pregrado y posgrado a nivel nacional

En Colombia, el número de graduados de carreras profesionales va en aumento en los últimos años. Esta tendencia positiva se puede corroborar en el perfil de los graduados, que se construye a partir del número total de títulos de educación superior otorgados por las IES entre 2002 y 2011. Cabe resaltar que desde el año 1960 hasta el 2011 se han otorgado 3.636.708 títulos de educación superior en el país, en todos los niveles de formación (técnico y tecnológico, universitario y posgrado), de los cuales 1 938 964 fueron entregados entre el 2002 y 2011 (Figura 3).



La caracterización por naturaleza de la institución evidencia que entre 2002 y 2011 se ha fortalecido la educación pública en el país. En el 2011, de los 267 708 títulos otorgados, 138 365 (52%) corresponden a IES públicas y 129 343 a privadas (48%), lo que demuestra los esfuerzos del Gobierno por fortalecer la educación pública en el país (Figura 4).

En Colombia existen 180 programas de ingeniería industrial registradas ante el SNIES, según consulta hecha en el mes de octubre de 2013, de los 180 programas 139 se encuentran activos y 41 inactivos



En lo referente a posgrados (especializaciones, maestría y doctorados) se encontraron 174 programas en total, de los cuales 125 son especializaciones, 83 activas y 42 inactivas. 42 Maestrías de las cuales solo una está inactiva. Los 7 programas restantes son de doctorado y todos están activos.

Referencias

- Going, C. B. (1911). *Principles of Industrial Engineering*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Lehrer, R. N. "The Nature of Industrial Engineering," (Vol. 5). Ciudad: Editorial.
- Maynard, H. B. (1989). *Manual del Ingeniero Industrial*. Ciudad: Mc Graw Hill.
- Anderson, J. R. , Reder, L. M, Simon, Herbert, A. (2001). Educación: el constructivismo radical y la psicología cognitiva. Recuperado de http://www.infoamerica.org/documentos_pdf/anderson_01.pdf
- Aprile, J. (Mes, 2012). Conferencia inaugural, memorias del despojo y del destierro. Memorias del XVI Congreso Colombiano de Historia,

Neiva, Colombia octubre 8. Asociación Colombiana de Historia.

Weiss, A. (1994). *La empresa colombiana entre la tecnocracia y la participación: del taylorismo a la calidad total*. Bogotá: Departamento de Sociología, Universidad Nacional de Colombia.

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI). (2001). *Historia de las facultades de ingeniería en Colombia*. Bogotá: ACOFI.

Atcon, R. (1978). *El plan básico. La universidad latinoamericana: clave para un enfoque conjunto del desarrollo coordinado social, económico y educativo en América Latina*. Bogotá: Ediciones Alcaraván.

Banco Mundial. (2000). *La educación superior en los países en desarrollo. Peligro y promesa*. Recuperado de www.tfhe.net/report/downloads/report/bm.pdf

Bourdieu, P. (2008). *Homo academicus*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.

Bourdieu, P. & Passeron J. C. (2001). *La reproducción. Elementos para una teoría del sistema de enseñanza*. Madrid: Editorial Popular.

Bourdieu, P. (2003). *Las estructuras sociales de la economía*. Barcelona: Editorial Anagrama.

Brousseau, G. (1990). *¿Qué pueden aportar a los enseñantes los diferentes enfoques de la didáctica de las matemáticas?: (Primera parte)*. Revista Enseñanza de las Ciencias. 8 (3) 259-267.

Brousseau, G. (1991). *¿Qué pueden aportar a los enseñantes los diferentes enfoques de la didáctica de las matemáticas?: (Segunda parte)*. Revista Enseñanza de las Ciencias, 9 (1) 10-21.

Bustamante, D. (1996). *Misión nacional para la modernización de la universidad pública*. Bogotá: Editorial Presencia.

Calvo Pesce, C. (2001). Un estudio sobre el papel de las definiciones y las demostraciones en cursos preuniversitarios de cálculo diferencial e integral. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona. Recuperado de http://www.tdx.cbuc.es/TESIS_UAB/available/TDX-1018101-165309//ccp1de1.pdf

Cardelli, J. (2004). *Reflexiones críticas sobre el concepto de transposición didáctica de Chevallard*. Cuadernos de Antropología Social. 19 (1) 49-61.

Coombs, P. (1971). *La crisis mundial de la educación*. Barcelona: Ediciones Península.

Corredor, C. (1992). *Los límites de la modernización*. Análisis Político, 1 (17). 110-112.

Dávila, C. (1985). *Teorías organizacionales y administración. Enfoque crítico*. Bogotá: Departamento de Sociología, Universidad Nacional de Colombia.

Deleuze, G. (1987). Foucault. México. Paidós (p.34). Díez, R. (1987). La educación ante las innovaciones científicas y tecnológicas. Citado por Castro, M. (2001). Dinámica del currículo y modernización de la universidad. Revista de la Universidad de la Salle, 22 (32) (pp. 36-37).

Escobar, A. (1996). *La invención del tercer mundo. Construcción y deconstrucción del desarrollo*. Bogotá: Grupo Editorial Norma.

Foucault, M. (2005). *Un diálogo sobre el poder y otras conversaciones*. Madrid: Alianza Editorial.

Escobar, A. (2007). *La invención del tercer mundo. Construcción y deconstrucción del desarrollo*. Caracas: Ediciones el Perro y la Rana.

Giraldo, C. (2004). *Ingeniería Industrial: Entre las ciencias exactas y las ciencias sociales*. Bogotá: Ediciones UniAndes.

- Hakim, R. (1981). *La educación superior en Colombia a partir de la reforma de 1980*. Desarrollo indio americano, 16 (67), 8.
- Henaó, M. & Rivera, A. (1975). Universidad Estado. Contribución para un estudio sobre la educación superior en Colombia. 1920-1940. Universidad Social Católica de la Salle, Bogotá, Colombia.
- ICFES (1996). Actualización y modernización del currículo en ingeniería industrial.. Bogotá: ACOFI, ICFES.
- Martínez, A. (2004). De la escuela expansiva a la escuela competitiva. Dos modos de modernización en América Latina. Barcelona: Anthropos Editorial.
- Mayor, A. (1984). Ética, trabajo y productividad en Antioquia: una interpretación sociológica sobre la influencia de la Escuela Nacional de Minas en la vida, costumbres e industrialización regionales. Bogotá: Tercer Mundo Editores.
- Ministerio de Educación Nacional. (2013, 28 de Junio). *Observatorio Laboral para la Educación*. Recuperado de: www.graduadoscolombia.edu.co
- Poveda, G. (1985). La ingeniería, sus ciencias y su historia en Colombia: 1950 hasta nuestros días. Bogotá: Universidad EAFIT.
- Quintero, L. (2004). La profesión de la ingeniería industrial en Colombia. Bogotá: Universidad Javeriana.
- Weiss, A. (1994). La empresa colombiana entre la tecnocracia y la participación: del Taylorismo a la Calidad Total. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Touraine, A. (2000). Crítica de la modernidad. Bogotá, Colombia: Fondo de Cultura Económica.
- La sociedad post-industrial. Barcelona, España: Ediciones Ariel (pp. 144-145).
- UNESCO (1998). Conferencia Mundial sobre la Educación Superior. La educación superior en el siglo XXI. Visión y acción. Informe Final. Disponible en <http://www.unesco.org>
- Weiss, A. (1994). La empresa colombiana entre la tecnocracia y la participación: del Taylorismo a la Calidad Total. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia
- Maynard H. B. Manual del Ingeniero Industrial, Mc Graw Hill, 1989, 4 edición.
- Narayana Rao, K.V.S.S., “Definition of Industrial Engineering: Suggested Modification.” Udyog Pragati, October-December 2006, Pp. 1-4.
- Nadler, Gerald, Motion and Time Study”, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1955.
- Otálora, Cristhian (2001). Al día con las noticias. Fecha de publicación: Miércoles, 30 de Junio de 2010. Recuperado de <http://www.mineduacion.gov.co/observatorio/1722/article-237548.html>
- SLOAN, Alfred. Citado en: JARAMILLO SIERRA, Luis Javier. Ciencia, Tecnología, Sociedad y Desarrollo Bogotá: ICFES, SERIE. APRENDER A INVESTIGAR. Módulo 1, Tercera edición, 1999. Pág. 40
- Commission on Engineering and Technical Systems, Committee on Visionary Manufacturing Challenges, Board on Engineering Design, Visionary Manufacturing Challenges for 2020, National Research Council; National Academy Press, Washington, D. C., 1998.