

Capítulo 2

ENFOQUES TEÓRICOS DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Jairo Andrés Montero-Perez¹
Rafael Paternina Carrascal²
Pablo César Pérez Buelvas³

Resumen

Desde la Prehistoria, el ser humano se ha adaptado, en sus expresiones y modos de vida, a los diferentes contextos con el fin de suplir las necesidades, como base para su preservación y evolución. El hombre primitivo logró invenciones como el fuego mediante la fricción de dos palos y luego la rueda. Desde entonces, ha usado el ingenio como capacidad para idear, diseñar y construir herramientas. Precisamente, la palabra ingeniero, se deriva de la palabra ingenio, y, de allí que la Ingeniería industrial, con el impulso de la Revolución Industrial y los aportes de diferentes precursores como Taylor, Fayol, Ford, Mayo y Deming, se constituye como una disciplina que ha hecho aportes centrados en la división del trabajo, la administración científica, las formas de gestión y control de la producción, los estudios de movimientos y tiempos, los análisis de operaciones, el estudio de la productividad, el control estadístico de procesos, la planificación estratégica en la creación de la competitividad, la gestión de la calidad, los sistemas integrados de gestión y logística.

Palabras clave: Revolución industrial, Ingeniería, paradigmas, diseño, optimización, descomposición del trabajo, control de la producción y sistemas integrados.

1 MSc. en Logística Integral, Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia. Correo: jairo.monterop@cecar.edu.co

2 Esp. en gestión y evaluación de proyectos, Corporación Universitaria del Caribe—CECAR. Correo: rafael.paternina@cecar.edu.co

3 MSc. en Logística Integral, Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia. Correo: pablo.perez@cecar.edu.co

Abstract

Since prehistory, human beings have adapted, in their expressions and ways of life, to different contexts in order to meet needs, as a basis for their preservation and evolution. Primitive man achieved inventions like fire by the friction of two sticks and then the wheel. Since then, he has used ingenuity as the ability to devise, design and build tools. Precisely, the word engineer, is derived from the word ingenuity, and, hence Industrial Engineering, with the impulse of the Industrial Revolution and the contributions of different precursors such as Taylor, Fayol, Ford, Mayo and Deming, is constituted as a discipline that has made contributions focused on the division of labor, scientific administration, forms of management and control of production, studies of movements and times, operations analysis, the study of productivity, statistical process control, strategic planning in the creation of competitiveness, quality management, integrated management and logistics systems.

Key words: Industrial revolution, Engineering, paradigms, design, optimization, decomposition of work, control of production and integrated systems.

Introducción

La Ingeniería tiene su origen en los albores de la historia humana. Precisamente, cuando los primeros seres humanos empezaron a diseñar las herramientas necesarias para su subsistencia. Dentro de sus vertientes, la Ingeniería industrial, que propende, principalmente, a la optimización de procesos en distintas organizaciones, desde el siglo XIX ha sido soportada por diferentes enfoques que incluyen los aportes de reconocidos precursores, tales como Frederick Taylor, Henry Ford, Henry Fayol, Elton Mayo, Deming, entre otros. Pues bien, en este capítulo se aborda su metodología de construcción, un desarrollo del estado del programa de Ingeniería Industrial en relación con la ciencia, la disciplina y la técnica; y, por otra parte, se mencionan los enfoques disciplinares que la apoyan, incluyendo principales escuelas, autores y trabajos académicos. Por último, se describen las conclusiones sobre los aspectos más relevantes.

Metodología

El estudio se desarrolló en tres fases metodológicas, que se relacionan a continuación:

Fase I. Aplicación del Método de Mapeo de revisión de la literatura. Se desarrolló el método de mapeo de la literatura existente, de acuerdo con ecuaciones de búsqueda, determinadas por operadores booleanos (NOT, OR, XOR, NEAR, AND), en bases de datos y plataformas tecnológicas que permitieron el refinamiento de las palabras, para hallar un elevado número de coincidencia de publicaciones que comprenden: resultados de evaluación o diagnóstico, síntesis, meta-análisis, artículos teóricos, informes descriptivos y revisiones de libros o artículos, de acuerdo con el tema de estudio, especialmente organizados por autores, países, instituciones y año. Esto implicó la elaboración de un mapa conceptual y, a partir de este, se profundizó en la revisión bibliográfica, que, a su vez, se relacionó con planteamientos enfocados en las perspectivas teóricas de la Ingeniería Industrial, (Savin-Baden & Major, 2013, p. 118).

Fase II. Aplicación del método de vertebración por índices. Se desarrolló la ramificación de un índice, partiendo desde los temas generales hasta los específicos, lo que contribuyó a vertebrar el marco o perspectiva teórica del Capítulo, que incluye un esquema de secuencia lógica del escrito (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Además, se utilizaron tablas taxonómicas organizadas por autor, año, temas, métodos, resultados y conclusiones, a partir de las diferentes publicaciones.

Fase III. Desarrollo del estudio. Los diferentes planteamientos se fundamentan en las investigaciones previas y en el proceso de inmersión en el contexto, e incluyen la recolección de la información y su análisis. En este sentido, se examinó el grado de desarrollo del conocimiento a través de fuentes primarias, secundarias y terciarias (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Esto comprende la sustentación teórica del estudio, que incluye un análisis teórico, las investigaciones que se han realizado en la línea de tiempo definida y los antecedentes que se consideran relevantes para el estudio (Rojas, 2013; Hernández, Fernández, & Baptista, 2014; Creswell, 2014).

Estado de la Ingeniería Industrial en Relación con la Ciencia, la Disciplina y la Técnica

La ciencia se define como un “conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente” (Real Academia de la Lengua Española, 2017), mientras que, So C. (1995) define la disciplina de acuerdo con los elementos constituyentes que se le asocian, e incluyen “instituciones, enfoques teóricos, conocimiento almacenado, objeto de estudio e identidad grupal”. En este sentido, un campo de estudio es definido, generalmente, “por la presencia de cierto objeto de estudio, pero no por la existencia de elementos teóricos” (Lee & So, 2014). Por su parte, técnica se entiende como el “conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia o un arte” (Real Academia de la Lengua Española, 2017). En un sentido más amplio, la técnica hace referencia a las habilidades que generan resultados y, más específicamente, al arte de creación y mantenimiento de instrumentos (Valencia, 2004).

Con base en la conceptualización descrita, la Ingeniería es una ciencia y un arte, y, etimológicamente, se deriva de la palabra *engineer* en el idioma inglés o *ingeniero* en español, utilizada en el siglo XIV para mencionar a la persona que operaba un motor o máquina militar, tales como una catapulta o, más adelante, un cañón. Por su parte, la palabra *engine* o motor en español, deriva del latín *ingenium*, que significa ingenio, inteligencia e innovación. Según la UNESCO (2010):

La Ingeniería es el campo o disciplina, práctica, profesión y arte que se relaciona con el desarrollo, adquisición y aplicación de conocimientos técnicos, científicos y matemáticos sobre la comprensión, el diseño, el desarrollo, la invención, la innovación y el uso de materiales, máquinas, sistemas y procesos para propósitos específicos.

Con base en las normas estipuladas en Colombia, por el Congreso de la República, en la Ley 842 (2003), Capítulo I, Art. 1°, el concepto de Ingeniería se entiende como “toda aplicación de las ciencias físicas, químicas y matemáticas de la técnica industrial y, en general, del ingenio humano, a la utilización e invención sobre la materia”. Y en su Art. 3°, ilustra sobre las profesiones auxiliares de la Ingeniería:

Se entiende por Profesiones Auxiliares de la Ingeniería, aquellas actividades que se ejercen en nivel medio, como auxiliares de los ingenieros, amparadas por un título académico en las modalidades educativas de formación técnica y tecnológica profesional, conferido por instituciones de educación superior legalmente autorizadas. (Ley 842, 2003).

Teniendo en cuenta un referente nacional, como la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), la Ingeniería se concibe desde dos puntos de vista: como ejercicio y como programa académico (García, 2012). En el primero de los casos, la Ingeniería “es la integración de matemáticas, ciencias naturales y tecnología para diseñar productos, procesos, servicios y sistemas que resuelven necesidades, problemas o retos de la sociedad. Además, “el ingeniero(a), derivado de su competencia de diseño, también está en capacidad de operar, mantener y recuperar el objeto de diseño”. Desde el segundo enfoque, es decir, como programa académico “Un programa de formación en Ingeniería se fundamenta en conocimientos de matemáticas, ciencias naturales y tecnologías, para aplicarlos en el diseño de productos, procesos, servicios y sistemas que resuelven problemas, necesidades o retos de la sociedad”.

Las Ciencias Básicas en Ingeniería están conformadas por diversos componentes, que incluyen: Matemáticas, Física, Química y Biología, como pilares esenciales para la formación de los ingenieros. De esta manera, el componente de las Ciencias Básicas adquiere un punto de vista relevante. Según ACOFI, el mínimo de créditos académicos para un programa de Ingeniería está en 150 créditos, de los cuales el 20% corresponden de manera significativa a las ciencias básicas (García, 2012).

Es tanta la relevancia de las Ciencias en las Ingenierías que, preocupados por las propuestas curriculares de las distintas universidades en Colombia que ofertan Ingeniería, se diseña y pone en marcha, en el año 2010, por ACOFI, el Examen de Ciencias Básicas (EXIM), como un instrumento adicional externo de apoyo al proceso de formación en el área. En este sentido, las Instituciones de Educación Superior (IES) que ofrezcan programas de Ingenierías deben apoyarse en docentes altamente cualificados, que tengan un amplio conocimiento de las Ciencias Básicas, con la finalidad de generar habilidades en el pensamiento que apunten a las

asignaturas de las áreas específicas de la Ingeniería, para potencializar los conocimientos de los futuros ingenieros.

A su vez, la Ingeniería incluye un conjunto de disciplinas especializadas o campos de acción, como también áreas particulares de la tecnología. La ocupación de la Ingeniería, es una ocupación cimentada en una formación especializada, definida por establecimientos de la formación y las escuelas universitarias y departamentos, organizaciones nacionales e internacionales, la acreditación y la concesión de licencias, la ética y los códigos de la práctica profesional (UNESCO, 2010). En la actualidad, existe una variedad diversa de áreas, campos, disciplinas o especialidades dentro de la Ingeniería. Particularmente, una de estas ramas es la Ingeniería Industrial, a la cual la define la UNESCO (2010) como “la rama de la Ingeniería para el análisis, diseño, desarrollo y mantenimiento de sistemas y procesos industriales”.

El inicio de la Ingeniería industrial sigue siendo un tema de discusión de los cronistas de la ciencia y tecnología; la Revolución Industrial es el punto de partida en consenso del posible nacimiento de la profesión hacia el siglo XVIII en Inglaterra (Martin-Vega, 2001). Carrión (2014) afirma que los ingenieros propietarios de las empresas se dedicaron inicialmente al control de la producción en Gran Bretaña. Desde este momento, se dio inicio a la Ingeniería industrial en medio de la Revolución Industrial. Por otra parte, Varón, Marín y Bernal (2014) reconocen que la evolución de los métodos y la ciencia se dio en la Revolución Industrial haciendo que surgiera la Ingeniería industrial.

La Revolución Industrial generó un cambio en la forma como las empresas de la época realizaban los procesos de fabricación, dando pasos a la evolución de conceptos que impulsaron el nacimiento de los procedimientos científicos. Una de las más importantes invenciones innovadoras de la época, fue la máquina de vapor, que, en 1765, generó un cambio en el manejo de las fuentes de energía por el ingeniero James Watt, lo cual contribuyó al crecimiento de las estructuras industriales (Martin-Vega, 2001).

En resumen, Varón et al. (2014) afirman que la Ingeniería Industrial es una disciplina que involucra la resolución de problemas organizativos y otros, que en la antigüedad se solucionaron de forma empírica, pero no fue

hasta la Revolución Industrial que se empieza a pensar en ella como una ciencia.

De los primeros trabajos que impulsaron el crecimiento de la Ingeniería Industrial, fue aquel donde se analizó el proceso de las operaciones basado en los tiempos, liderado por Babbage. También, podemos mencionar a Frederick Taylor, quien, mejorando la forma como se toman los tiempos, logró afinar los resultados de las organizaciones industriales, ahondando en el manejo de la disciplina necesaria para perfeccionar la relación entre los medios y el esfuerzo de los hombres. Se llamó la filosofía de la organización científica del trabajo (De los primeros trabajos que impulsaron el crecimiento de la Ingeniería Industrial, fue aquel donde se analizó el proceso de las operaciones basado en los tiempos, liderado por Babbage. También, podemos mencionar a Frederick Taylor, quien, mejorando la forma como se toman los tiempos, logró afinar los resultados de las organizaciones industriales, ahondando en el manejo de la disciplina necesaria para perfeccionar la relación entre los medios y el esfuerzo de los hombres. Se llamó la filosofía de la organización científica del trabajo (ACOFI, 2015).

Por su parte, Martin-Vega (2001) expone que otros de los aportes de Taylor en el desarrollo de la Ingeniería industrial consistió en que el núcleo de su sistema se basó en romper el proceso de producción en sus componentes y mejorar la eficiencia de cada uno, prestando poca atención a las reglas de juego y a las prácticas estándar, perfeccionando las tareas manuales con la máxima eficiencia, examinando cada componente por separado y eliminando todos los movimientos falsos, lentos e inútiles. El trabajo mecánico se incrementó a través del uso de accesorios, plantillas y otros dispositivos, especialmente inventados por el propio Taylor. Otro referente importante de la ingeniería industrial es el ingeniero Frank Gilbreth, quien estuvo interesado por la relación entre la posición y el esfuerzo humano, y desarrolló estudios sobre los micro movimientos y descomposición del trabajo en elementos esenciales llamado *therbligs* (Salazar Lopez, 2013).

En la historia detallada de la Ingeniería industrial se encuentran muchas personas y acontecimientos grandísimos. Dentro de esa gran lista también podemos encontrar a Arthur C. Anderson, Eugene L. Grant, W. Edwards Deming, L. P. Alford, George H. Shepard, Robert Hoxie, José Juran, Marvin E. Mundel y Walter Shewart. El tema trascendental es la

teoría del muestreo, y, específicamente, se quiere resaltar el libro Control Económico de la Calidad del Producto Manufacturado, cuyo autor fue Shewhart, en 1931, donde rescató muchos estudios enfocados al control de la calidad en la producción, marcando el inicio del control estadístico moderno de la calidad, proporcionando las bases para la implementación de muchas herramientas estadísticas que aún se utilizan en la actualidad (Varón *et al.*, 2014).

En los años sesenta, el Instituto Americano de Ingenieros adoptó la siguiente definición para la Ingeniería industrial:

La Ingeniería industrial se ocupa del diseño, la mejora y la instalación de sistemas integrados de hombres, materiales, equipos y energía. Se basa en conocimientos especializados y habilidades en las ciencias matemáticas, físicas y sociales, junto con los principios y métodos de análisis y diseño de Ingeniería para especificar, predecir y evaluar los resultados que se obtendrán de dichos sistemas”

Salazar López (2013) afirma que la Ingeniería industrial es:

La rama de las Ingenierías encargada del análisis, interpretación, comprensión, diseño, programación y control de sistemas productivos con miras a gestionar, implementar y establecer estrategias de optimización con el objetivo de lograr el máximo rendimiento de los procesos de creación de bienes y/o la prestación de servicios”.

Desde sus inicios, los perfiles de los ingenieros industriales han evolucionado. Por ejemplo, en la década de los años sesenta el mayor esfuerzo lo realizaban en el rediseño de la distribución de la planta, el estudio de la descomposición del trabajo, la mejora de los métodos de producción y la normalización del trabajo. Seguidamente, esa evolución de las funciones se dirigió a la Ingeniería de Proyectos y, finalizando esa década, surgió un cambio en las funciones laborales, debido al modelamiento informático. Una década después, el tema más relevante dentro de las funciones de los ingenieros industriales es la gestión de inventarios científicos y diseño sistemático y análisis (Pritsker, 1997). Para estos últimos años, en el auge de las organizaciones de servicio, las funciones evolucionaron hacia las consultorías, el desarrollo de software y empresarios (Varón *et al.* 2014).

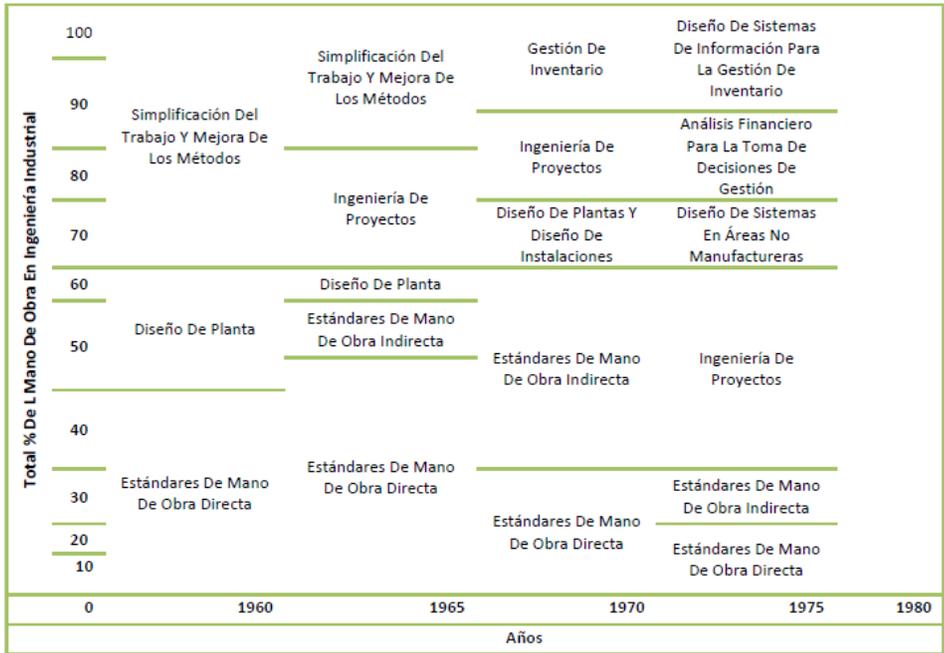


Figura 1. Cambios en las Funciones de los Ingenieros Industriales entre 1960 - 1980

Nota: Programa de Ingeniería Industrial - CECAR

En el siglo XIX, cuando ocurre el cambio o transición de una sociedad pre-capitalista y básicamente agraria, con sistemas de la producción basados en agremiaciones artesanales, hacia una moderna sociedad capitalista, fundamentada en la producción industrial y sistemas de producción en masa dentro de organizaciones de gran tamaño, en el que la propiedad está aislada de la producción (Samuelson & Nordhaus, 2002).

Enfoques teóricos de la Ingeniería Industrial

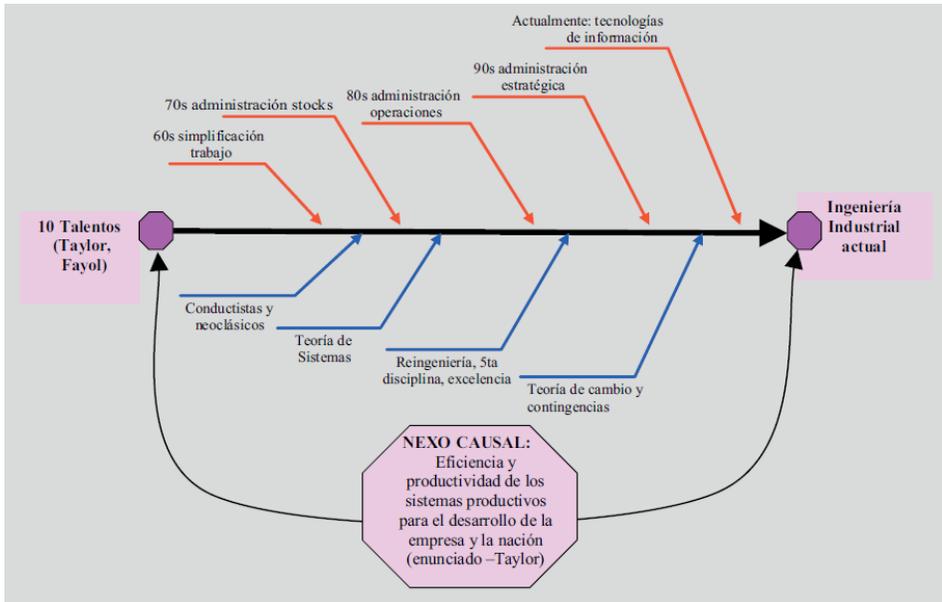


Figura 1. Marco Histórico de la Ingeniería Industrial. Fuente: Acevedo y Linares (2012)

A través del tiempo, la Ingeniería industrial se ha apoyado en diferentes técnicas que apuntan al mejoramiento continuo de las empresas. En la Tabla 1, se relacionan los hitos históricos para el desarrollo de la Ingeniería Industrial.

Tabla 1
Momentos Históricos en el Desarrollo de la Ingeniería Industrial

Año/ Momento	Tema	Enfoque	Métodos y técnicas	Autor principal
Orígenes sobre los fundamentos de la administración científica				
Fines 1800 y 1ª década de 1900	La coordinación y el control en la administración.	1º Proceso: coordinación y tarea del jefe y eficiencia.	Registros para el control de los costos y fichas para pago de salarios	Henry Metcalfe
	Publicación de "Shop Management" (1903).	Proceso: siempre existe un método mejor. Estructura: un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar. Persona: el puesto adecuado para la persona adecuada. Tiempo: estándares	Administración científica del trabajo. Estudio de trabajo, programación de producción, Productividad. micromovimientos	Frederick Taylor
Primera fase: Gran desarrollo de los fundamentos de la administración científica				
Años 1910 – 1920	Psicología Industrial	Proceso: análisis de operaciones de la tarea del trabajador	Estudio de micromovimientos	Frank Gilbreth
	Línea de ensamblaje	Proceso: productividad de la producción en masa	Gráfica de línea de ensamble	Henry Ford
	Control de secuencia de actividades	Proceso: control de secuencia y tiempos de tareas complejas	Gráfica de programación de actividades	Henry Gantt
	Control de inventarios	Proceso: Tamaño de lote económico	Modelo de lote económico en gestión de stocks	F. W. Harris

Enfoques teóricos de la Ingeniería Industrial

Año/ Momento	Tema	Enfoque	Métodos y técnicas	Autor principal
Segunda fase: enfoque humano y complemento de la administración científica				
Años 1930 *corresponde a esta fase	Control de calidad	Proceso: control estadístico de procesos	Muestreo de inspección y tablas estadísticas de control	Shewhart, Dodge y Romig
	Estudios Hawthorne	Persona: motivación del trabajador	Estudio de condiciones de trabajo	Elton Mayo
	Estudios NewCastle * (1951)	Sistema técnico y sistema social que interactúan	Los equipos de trabajo afectados por la tecnología	Trist-Instituto Tavistock
Tercera fase: desarrollo de las ciencias formales para la solución de problemas de las organizaciones				
Años 1940	Programación lineal	Estructura: las leyes de las ciencias formales aplicadas en organizaciones	Método simplex para la solución de problemas dentro de sistemas complejos	Grupos IO de UK y Dantzig
Años 1950 -1960	Investigación de operaciones	Estructura: aplicación de las leyes de las ciencias formales en la solución de problemas organizacionales	Simulación, teoría de colas, líneas de espera, teoría de las decisiones, programación matemática, PERT -CPM	Investigadores y académicos de USA y Europa
	Teoría General de Sistemas	Cambio: las organizaciones son sistemas interdependientes jerárquicos y abiertos	Cibernética, tecnología, teoría matemática, teoría de sistemas	von Bertalanffy

Año/ Momento	Tema	Enfoque	Métodos y técnicas	Autor principal
Cuarta fase: desarrollo de las ciencias formales en la solución de problemas de las organizaciones				
Años 1970	Computadora	Estructura: Uso de la computadoras en todos los ámbitos de las organizaciones.	Programación y control de taller, MRP, pronósticos, gestión de inventario, gestión proyectos,	IBM Orlicky, Wight
	Organizaciones de servicios	Proceso: producción masiva en el sector de los servicios.	Proceso administrativo en organizaciones de servicios	Fast Food, Retail, Banca
Años 1980	Estrategia de producción	Proceso: el proceso estratégico en la creación de competitividad.	Operaciones y la creación de ventajas competitivas	Escuela de Negocios de Harvard
	Enfoque japonés de gestión	Proceso: control total de calidad (TQC) y justo a tiempo (JIT).	Kanban, poka-Jokes, filosofía de la calidad, ciclo PDCA	Tai-Ichi Ohno, Deming y Juran
	Control de manufactura	Estructura: automatización del control de procesos en fábrica.	CIM, FMS, CAD/CAM, robótica	Empresas al-tec
	Manufactura sincrónica	Proceso: velocidad del proceso y throughput del sistema productivo.	Teoría de restricciones, análisis de cuello de botella	Goldratt

Año/ Momento	Tema	Enfoque	Métodos y técnicas	Autor principal
Años 1990	Administración de calidad total	Proceso: Calidad del servicio y productividad.	Premio Baldrige, ISO 9000, Ingeniería valor, mejora continua	ANSI, ISO
	Reingeniería de procesos	Rediseño radical de los procesos productivos y empresariales buscando la máxima eficiencia.	Análisis de procesos, análisis de valor, outsourcing, resizing	Hammer
	Empresa electrónica	Estructura: redes de transporte de comunicación de voz y datos interconectadas mundialmente.	Internet, World Wide Web	Netscape, AOL, Microsoft
	Cadena de suministro	Proceso: integración del flujo de información en base a redes ethernet interconectadas.	Software SAP/R3 cliente/servidor	SAP, Oracle
Primera década del siglo XXI	Negocios electrónicos	Estructura: red interconectada e-negocios, e-gobierno, e-finanzas	Internet, telecomunicaciones, broadcasting	Amazon, eBay, America Online, Yahoo!.

Nota: Adaptado de Acevedo y Linares (2012)

La Revolución Industrial en Colombia trajo consigo un proceso de cambio, de nuevos retos en la industria manufacturera y de servicios, generando nuevas oportunidades de operación a la Ingeniería Industrial. A mediados del siglo XX, las industrias empezaron a mostrar otras necesidades, las cuales apoyaran los procesos y sistemas de producción, donde no solo se garantizara la viabilidad financiera de estas, sino también el desarrollo de productos y servicios relacionados con un mercado insatisfecho, generando en los programas académicos de Ingeniería industrial una visión más global, donde se abarcara un trabajo interdisciplinario para conocer a

fondo las operaciones y necesidades de las empresas, tanto interna como externamente, haciéndolas más sólidas financieramente y más competitivas.

Las necesidades de la época generaron nuevos puestos de trabajo para los Ingenieros Industriales, haciendo que las universidades involucrarán nuevas competencias en los egresados. Como consecuencia, se generó un abanico de oportunidades en diferentes lugares de trabajo para el ingeniero industrial; además, el desarrollo de las ciencias vinculadas con la profesión causó modificaciones a las competencias laborales que debían poseer los egresados de estos programas académicos.

El campo de aplicación del Ingeniero Industrial es muy amplio, destacándose en dos grandes campos: las empresas manufactureras y de servicios. En la primera, tienen una razón de ser muy clara: supervisar y controlar la producción en las empresas, optimizando los procesos, incluyendo diferentes técnicas, teorías y sistemas de la producción, logística y distribución, métodos y tiempos, investigación de operaciones y las finanzas, las cuales, de manera integral, optimizan los procesos. En las empresas de servicios, los Ingenieros Industriales son vitales en el diseño de sistemas administrativos, donde se apoyan en gestión humana, sistemas de gestión de la calidad, marketing, planeación y evaluación de proyectos, entre otros.

Con la aparición de la automatización, los ingenieros industriales tienen nuevos retos: incrementar la producción y reducir costos, utilizando maquinas con mayor capacidad de producción, generando nuevos puestos de trabajo. Con relación a esto, si tomamos como ejemplo la implantación de las tecnologías de la información, estas han suplido mano de obra, pero ese mismo sector ha generado más empleos en la fabricación, y una abundante demanda en todos los servicios que genera la post venta. De esta manera, podemos notar que los ingenieros industriales son indispensables dentro y fuera de las empresas, apoyando a las empresas de servicios para cumplir con la satisfacción final de sus clientes.

En la actualidad, según el SNIES (Sistema Nacional de Información de la Educación Superior) existen en Colombia 151 programas activos de Ingeniería Industrial, en instituciones universitarias y universidades. Tomando este referente, podemos observar la alta demanda de los estudiantes que terminan la educación media, fenómeno que puede ser

debido al crecimiento económico de nuestro país, aportado por las empresas manufactureras y de servicios, situación atractiva para los egresados de los programas de Ingeniería industrial.

Colombia afronta un reto con la participación de las universidades en este programa en particular, incluyendo el uso y aplicación de nuevas tecnologías que brinden avances importantes en la investigación y transferencia tecnológica; haciendo de los egresados, ingenieros idóneos en las empresas, donde se garanticen productividad y competitividad, para lograr altos estándares de calidad, para competir en mercados nacionales y extranjeros.

La participación activa del ICFES (Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior), hoy Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación, articulada con ACOFI, que, desde 1992, ha realizado encuentros con las diferentes instituciones universitarias y universidades, generando espacios de debate académico con relación al currículo y el perfil del egresado, dando orientación a las universidades para tener programas con alta calidad académica, y, de paso, causar un impacto positivo sobre el graduado, haciéndolo más pertinente y competitivo en el entorno laboral.

Enfoques Disciplinarios que soportan el Programa, incluyendo Principales Escuelas, Autores y Trabajos Académicos

Enfoques Disciplinarios

En la actualidad, la Ingeniería Industrial, como disciplina, se dedica a la administración de sistemas integrados de recursos humanos, organizados para la producción eficiente y eficaz de manufacturas y servicios, la innovación, la mejora, la instalación, los materiales, el equipo, la tecnologías y el diseño (Guédez, 2011).

Para el enfoque disciplinar a través de la historia, hay que entender la relación entre Ciencia e Ingeniería. La primera, se refiere a la búsqueda del conocimiento, el cual debe ser exacto y razonado; implica conocimiento e ingenio de carácter científico. La segunda, tiene como base la Ciencia, fuente

de inspiración para los seres humanos identificados con esta disciplina, para efectuar la investigación (Gomez Stincer, 2012).

Después del Renacimiento, comenzó la Ingeniería moderna, incluyendo conocimientos biológicos, físicos y químicos; así como nuevos aspectos de la organización (Gomez Stincer, 2012). Para evaluar el comportamiento de los sistemas, se utilizan conceptos de matemática, física y de las ciencias de la Ingeniería (Acuña, 2015). El desarrollo de las tecnologías proporciona un amplio y sólido fundamento, asociado a las ciencias físico-matemáticas, las cuales desarrollan las competencias profesionales, técnicas y generales (Pineda, 2007).

La formación en Ciencias proporciona las herramientas conceptuales que revelan los fenómenos físicos que se encuentran en el entorno. Estas herramientas son fundamentales para desentrañar el mundo y la naturaleza, posibilitan la realización de modelos teóricos que utilizan estos fenómenos en la tecnología puesta al servicio de la humanidad (ACOFI, 2013).

Las Matemáticas, en la formación de ingenieros, proporcionan los conocimientos para el desarrollo de competencias que permiten plantear y resolver problemas prácticos conformes de la actividad de un ingeniero; mediante la formulación de modelos, en términos matemáticos, también desarrollará un pensamiento objetivo, con capacidad de simular, estructurar, razonar lógicamente, apropiándose de un lenguaje simbólico, que permita comunicarse con precisión, finalizando con los cálculos el manejo de instrumentos de medidas y representaciones gráficas para comprender el mundo que habita (ACOFI, 2013).

Para los ingenieros, los conceptos fundamentales de la materia se investigan mediante la Física, como también el espacio, el tiempo, las interacciones entre cuerpos y la energía. Sin los conocimientos de la Física, no estarían las bases para el desarrollo de cualquier Ingeniería. Los productos de los trabajos de Ingeniería se fundamentan en las leyes de la física (ACOFI, 2013). En cuanto a la disciplina, la Ingeniería industrial, según Vargas & Benavides (2011)

Surgió para cubrir múltiples necesidades de la industria ya que antes de esta época sólo se preocupaban por las interacciones humanas en el diseño de fábricas, instalaciones de construcción, métodos de costos y control de calidad, control de la producción

y en general todo lo relacionado con el procesamiento de información para la producción de nuevos bienes y servicio.

Solo para esta década surge la investigación de operaciones como necesidad de la Segunda Guerra Mundial, con el objetivo de resolver problemas permitan la continuidad del conflicto (Vargas & Benavides, 2011).

Otras disciplinas que surgen en la actualidad son: la gestión de la calidad, la logística, los sistemas de información, la productividad, la estadística y la simulación (Baca Urbina et *al.*, 2014).

Escuelas Principales

Francia organizó la primera Escuela de Ingeniería en el mundo. Luego, la enseñanza de la Ingeniería Industrial se sitúa en España, en el Real Conservatorio de las Artes de Madrid, creado en 1824. En la siguiente Tabla 2, se relacionan las escuelas y el año de fundación, mediante la exploración bibliográfica.

Tabla 2
Principales escuelas de la Ingeniería.

ESCUELAS	AÑO
Royal Society - Londres	1662
Academie Des Ciencias - Francia	1666
Academia de Ciencias - Berlín	1700
Academia de San Petersburgo	1724
Coorps Des Ingenierus De Genie Militaire	1716
Escuela Técnica Superior de Praga	1806
Escuela Técnica Superior de Viena	1815
Escuela de Ingenieros de Inglaterra	1841
Escuela Politécnica Nueva York	1849
Escuela de Ingenieros de Camino Canales y Puertos	1834
Escuela Industrial de Sevilla España	1850
Escuela Superior de Ingenieros Industriales	1857
Instituto Europeo de Ingenieros Industriales	1954
Instituto de Ingenieros Industriales Australia	1954
Instituto de Ingenieros Industriales de Irlanda	1955

ESCUELAS	AÑO
Instituto Japonés de Ingenieros Industriales	1959
Instituto Filipino de Ingenieros Industriales	1959
Instituto Chino de Ingenieros Industriales	1959
Instituto para Ingenieros Industriales de Sudáfrica	1976

Nota: Elaboración de los autores

Autores

Los primeros indicios de la aplicación de la Ingeniería se evidencian en la construcción de los canales de riego, las pirámides y caminos- Y, a través de precursores, tales como Arquímedes, Pascal, Euclides, Pitágoras, Platón, René Descartes, entre otros, quienes construyeron las bases de las Matemáticas y la Física (Camacho, 2006). A continuación, se relacionan los autores y sus aportes a la Ingeniería Industrial, Ver tabla 3.

Tabla 3
Autores y sus aportes a la Ingeniería Industrial

AUTOR	AÑO	TEMA
Frederick Winslow Taylor	1911	Es considerado como el precursor de la Ingeniería industrial, pues estableció los principios de ejecución, planeación, preparación y control.
Kaoru Ishikawa		El diagrama de causa- efecto
Henry Fayol	1925	Desarrolló un modelo administrativo que se basa en la división del trabajo
Benjamin Niebel		Métodos, estándares y diseño de trabajo
Phillip Crosby		Implementó la palabra prevención como una palabra para definir la calidad total
Adam Smith	1776	La teoría del valor y describió las ventajas y desventajas de la división del trabajo
Charles Babbage	1800	Creó los sistemas analíticos para poder mejorar las operaciones de una empresa
Henry Ford	1913	Modificó el motor de combustión interna y también se le atribuye la producción en serie en su empresa Ford
Carl Barth		Inició el cálculo de producción basado en la velocidad y la alimentación, materiales y herramientas

Enfoques teóricos de la Ingeniería Industrial

AUTOR	AÑO	TEMA
Henry Gantt	1914	El control y planificación de operaciones mediante gráficas, el invento “la gráfica de Gantt”.
Harrington de Emerson		Estableció los doce principios de la eficiencia, simplifico los métodos de estudio y trabajo
Lillian Moller Gilbreth y Frank B. Gilbreth	1911	La invención de los micro movimientos
Hugo Diemer	1908	Primeras clases de Ingeniería industrial en Pensilvania State College
Henry Metcalfe		Registro para el control de costos y fichas para pago de remuneraciones
F. W. Harris	1917	Modelo de lote económico en gestión de stocks
Walter Shewhart	1931	Muestreo de inspección y tablas estadísticas de control
Elton Mayo	1927-1933	Estudio de condiciones de trabajo, motivación del trabajador
Dantzig	1940	Método Simplex para la solución de problemas dentro de sistemas complejos
Von Bertalanffy		Teoría General de Sistemas
Tai-Ichi Ohno, Deming y Juran	1980-1989	Kanban, Poka-Jokes, filosofía de la calidad, ciclo PDCA
Goldratt		Teoría de restricciones, análisis de cuello de botella
Hammer		Análisis de procesos, análisis de valor, outsourcing, resizing
		Proceso administrativo en organizaciones de servicios
Fabricantes de computadores, investigadores de Europa y Estados Unidos	1970-1979	Programación y control de taller, MRP, pronósticos, gestión de inventario, gestión proyectos

AUTOR	AÑO	TEMA
Estados Unidos y Europa Occidental	1950-1969	Simulación, teoría de colas, líneas de espera, teoría de las decisiones, programación matemática, PERT-CPM

Fuente: *Adaptado del libro: Dirección y Administración de la producción y de la Operaciones. MacGraw-Hill*

Trabajos Académicos

La evolución de la Ingeniería industria en cuanto a los temas más relevantes, se vislumbró aproximadamente desde el año 1945, y estos se dirigieron a las operaciones de producción, la productividad, métodos y tiempo, e Ingeniería de Métodos. En los años cincuenta, se desarrolló la logística, la investigación de operaciones y la teoría de calidad; para la década de los sesenta, los sistemas productivos y la teoría de líneas de espera; entre los años 70 y 80, los trabajos se dirigían a las nuevas tecnologías, justo a tiempo y control total de la calidad; en la actualidad tenemos los sistemas de información y la computación (Acuña, 2015).

Para relacionar las investigaciones en la actualidad, nos remitimos al compilador de Scopus 2018, de donde identificamos los temas más renombrados y sus autores:

1. Planeación programación y control de la producción, los autores son: Chu, C. Egbelu, P.J. Grossmann, I.E. Gharbi, A. Morabito, R. Almada-Lobo, B. Zhang, Q. Uzsoy, R. Sethi, S.P. y Kenné, J.P.
2. Distribución en planta, los autores son: Kühn, I. Verheyen, K. Onda, Y. Wang, T. Essl, F. Thuiller, W. Jiang, G. Pyšek, P. Svenning, J.C. y Guisan, A.
3. Sistemas de costeo de producción, los autores son: Nidhal, R. Franke, J. Reinhart, G. Rezg, N. Dolgui, A. Kenné, J.P. Chiu, Y.S.P. Dincer, I. Gharbi, A. Chiu, S.W.
4. Administración de la cadena de suministro, los autores son: Alexandrino, P. Attri, R.K. Cagliano, R. Caniato, F. Cantamessa, M. Carvalho, M.S. Chen, Y. Davies, A. Dev, N. Devadasan, S.R. y Grover, S.

5. Diseño de sistemas productivos, los autores son: Abrahamsson, P. Aghdaie, M.H. Batista, C.F.A. De Araujo, R.M. De Oliveira Barros, M. Magdaleno, A.M. Nikiforova, O. Nikulsins, V. Shanmugam, A. Werner, C.M.L. y Thomas, A.
6. Metodología e Ingeniería de organización, los autores son: Ahmed, F. Caballero, I. Lindemann, U. Tribolet, J. Vinodh, S. Da Silva, M.M. Escalona, M.J. Mendes, C. DeLoach, S.A. Aveiro, D. y Piattini, M.

Conclusiones

El presente estudio abordó una revisión literaria en plataformas y bases de datos, donde se profundizó en los orígenes, la evolución y la perspectiva de la Ingeniería Industrial. De este análisis se concluye que:

- En consenso, el punto de partida de la Ingeniería Industrial es la Revolución Industrial hacia el siglo XVIII en Inglaterra. La enseñanza de esta carrera se inició en el Real Conservatorio de las Artes de Madrid en España y en la actualidad esta soportada por diferentes enfoques que incluyen los aportes de reconocidos precursores, tales como Frederick Taylor, Henry Ford, Henry Fayol, Elton Mayo, Deming, entre otros.
- En cuanto a la evolución de la profesión, desde sus inicios, existen una gran variedad de áreas, campos, disciplinas o especialidades, dentro de la cuales podemos mencionar: la mejora de los métodos de trabajo, el diseño de plantas, los estándares de la mano de obra, seguidos por la Ingeniería de proyectos, la gestión de inventarios, el análisis financiero y los sistemas de gestión de calidad. En la actualidad, con el auge de las organizaciones de servicios, se tiende a la consultoría, desarrollo de software y creación de empresas.
- La Ingeniería Industrial, como disciplina, se dedica a la administración de sistemas integrados de recursos humanos, organizados para la producción eficiente y eficaz de manufacturas y servicios, la innovación, la mejora, la instalación, los materiales, el equipo, la tecnología y el diseño.

- Colombia afronta un reto con los programas de Ingeniería Industrial. En la actualidad, estos Programas deben unir sus esfuerzos en el uso y aplicación de nuevas tecnologías que brinden avances importantes en la investigación, lograr altos estándares de calidad y que garanticen productividad y competitividad en mercados nacionales e internacionales.

Referencias

- Acevedo, A., & Linares, M. (2012). El enfoque y rol del ingeniero industrial para la gestión y decisión en el mundo de las organizaciones. *Industrial Data*, 15(1), 9–24. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81624969002.pdf>
- ACOFI. (2013). Marco conceptual de las Matemáticas: Las Matemáticas en Ingeniería. Recuperado de: <http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2013/08/Marco-Conceptual-de-Matematicas.pdf>
- ACOFI. (2015). La Ingeniería Industrial. *Anales de Ingeniería*, 27-30. Recuperado de <http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2013/08/La-Ingenier%C3%ADa-Industrial.pdf>
- Acuña, J. (2015). Estado del arte ingeniería industrial. *Revista Fidélitas*, (5), 148–152. Recuperado de <https://ufidelitas.ac.cr/assets/es/revista-fidelitas/se-5-estado-del-arte..pdf>
- Baca-Urbina, G., Cruz-Valderrama, M., Vázquez, I. M. A., Baca-Cruz, G., Gutierrez-Matus, J. C., Pacheco-Espejel, A. A., ... Rivera-González, A. E. (2014). *Introducción a la Ingeniería industrial*. México, D.F: Grupo Editorial Patria.
- Carrión, V. del R. (2014). *LA MIGRACIÓN DE INGENIEROS MEXICANOS A ESTADOS UNIDOS: UN ANÁLISIS DE TRAYECTORIAS PROFESIONALES*. El Colegio de la Frontera Norte. Recuperado de <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2014/11/Tesis-Carrion-Latorre.pdf>
- Congreso de la República. Ley 842 de 2003 (2003). República de Colombia: Diario Oficial No. 45.340, de 14 de octubre de 2003. Recuperado de https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-105031_archivo_pdf.pdf

- Creswell, J. W. (2014). *Research design. Qualitative, quantitative and mixed methods approaches* (4a ed.). London: Sage Publications, Inc. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- García González, F. (2012). Una mirada a la formación en Ingeniería en el contexto internacional. ACOFI. Recuperado de http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2013/08/DOC_PE_Mirada_formation_en_ingenieria.pdf
- Gomez-Stincer, J. R. (2012). *Introducción a la Ingeniería industrial*. Tlalne-pantla: Red Tercer Milenio S.C.
- Guédez-Fernández, C. (2011). Programación Lineal e Ingeniería Industrial: una Aproximación al Estado del Arte. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, II(6), 61–78. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215021914005>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). México D.F.: Mc Graw Hill Education.
- Lee, A., & So, C. (2014). Alfabetización mediática y alfabetización informacional : similitudes y diferencias. *Comunicar*, 21(42), 137–146. <https://doi.org/10.3916/C42-2014-13>
- Martin-Vega, L. A. (2001). The purpose and evolution of industrial engineering. *Maynard's industrial engineering handbook*, 1-3.
- Pineda, N. (2007). El Ingeniero Industrial Actuando En Diversas Disciplinas. En: *Fifth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2007) "Developing Entrepreneurial Engineers for the Sustainable Growth of Latin America and the Caribbean: Education, Innovation, Technology and Prac* (p. 10). Tampico, México: LACCEI. Recuperado de http://www.laccei.org/LACCEI2007-Mexico/Papers_PDF/IE057_Pineda.pdf
- Pritsker, A. A. B. (1997). Modeling in performance-enhancing processes. *Operations Research*, 45(6), 797-804. <https://doi.org/10.1287/opre.45.6.797>
- Real Academia de la Lengua Española [RAE]. (2017). *Diccionario de la lengua española*. Madrid: Espasa Calpe.
- Camacho Oliveros, M. A. (2006). *Módulo: Introducción a la Ingeniería industrial*, Bogotá: U Nacional Abierta y a Distancia.

- Rojas, R. (2013). *Guía Para Realizar Investigaciones Sociales* (38a ed.). México D.F: Plaza y Valdes Editores. Recuperado de <http://raulrojassoriano.com/cuallitlanezi/wp-content/themes/raulrojassoriano/assets/libros/guia-realizar-investigaciones-sociales-rojas-soriano.pdf>
- Salazar López, B. (2013). Micromovimientos (Therbligs) - Ingeniería Industrial. Recuperado el 29 de septiembre de 2018, de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/ingeniería-de-metodos/micromovimientos/>
- Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (2002). *Economía* (17a ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- Savin-Baden, M., & Major, C. H. (2013). *Qualitative research : the essential guide to theory and practice*. London: Routledge.
- So, C. Y. K. (1995). *Mapping the intellectual landscape of communication studies: An evaluation of its disciplinary status*. University of Pennsylvania. Recuperado de <https://repository.upenn.edu/dissertations/AAI9615129/>
- UNESCO. (2010). *Engineering : Issues Challenges and Opportunities for Development*. UNESCO. Paris: UNESCO Publishing. Recuperado de <http://researchspace.csir.co.za/dspace/handle/10204/5055>
- Valencia Giraldo, A. (2004). La relación entre la Ingeniería y la ciencia. *Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (31), 156–174. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43003113>
- Vargas Zambrano, S. M., & Benavides Alvarado, F. E. (2011). Surgimiento y evolución de la Ingeniería industrial. *Revista In Vestigium Ire*, 4, 19–28. Recuperado de <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ivestigium/article/download/177/161>
- Varón, A., Marín, C. N., & Bernal, L. Y. (2014). Pertinencia e impacto social del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de San Buenaventura , Cali : una perspectiva de marketing. *Revista Soluciones de Postgrado EIA*, 7(13), 55–94. Recuperado de <https://revistas.eia.edu.co/revistas/index.php/SDP/article/view/659>