
LINEAMIENTOS CURRICULARES PARA **INGENIERÍA INDUSTRIAL** **EN COLOMBIA**



**Asociación Colombiana
de Facultades de Ingeniería**

CONSEJO DIRECTIVO

Presidencia

Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín

Roberto Carlos Hincapié Reyes

Vicepresidencia

Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias

Miguel Ángel García Bolaños

Consejeros

Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá
Universidad Católica de Manizales, Manizales
Universidad de Antioquia, Medellín
Universidad del Norte, Barranquilla
Universidad del Valle, Santiago de Cali
Universidad EIA, Envigado
Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

Lope Hugo Barrero Solano
David Marcelo Agudelo Ramírez
Jesús Francisco Vargas Bonilla
Javier Páez Saavedra
Johannio Marulanda Casas
Jesús María Soto Castaño
Johann Farith Petit Suárez
Claudio Camilo González Clavijo
María Alejandra Guzmán

Director Ejecutivo

Luis Alberto González Araujo

Revisora Fiscal

Luz Mery Cuervo Garzón

ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA

Asistentes de Proyectos

José Miguel Solano Araujo
Simón Andrés De León Novoa
Janneth Pineda Molina
Zulma Giraldo
Jenny Quiroga Alarcón
Alix Rubiela Beltrán Paipa
Ariel Palomino Ulloa
Alexandra Vásquez Villarreal
Marcela Castiblanco García
Hernán Reyes Díaz

Asistente Operativa y de Tesorería

Asistente Capítulo de Doctorados en Ingeniería

Gestión Comercial

Asesora de Comunicaciones

Contador

Auxiliar Contable

Auxiliares de Oficina

EDICIÓN FINAL

Yenny Alexandra Martínez Ramos, Universitaria Agustiniana
Luis Alberto González Araujo, ACOFI

CORRECCIÓN DE ESTILO

Cristina Salazar Perdomo

ISBN: 978-958-680-091-4

Noviembre de 2020

Libro Digital

Producción Gráfica:

TSV Comunicación Gráfica S.A.S.

Tel.: + 57 (1) 309 7649

www.tsvgrafica.com

Las opiniones expresadas en éstas Memorias no son necesariamente las de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| PRESENTACIÓN | 7 |
| INTRODUCCIÓN | 9 |
| 1. ANTECEDENTES DEL DOCUMENTO DE LINEAMIENTOS CURRICULARES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL | 11 |
| 2. CONTEXTO INTERNACIONAL Y NACIONAL DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL | 12 |
| 3. ASPECTOS RELEVANTES EN EL CONTENIDO CURRICULAR | 15 |
| 3.1. Definición de la Ingeniería Industrial | 15 |
| 3.2. Revisión de los referentes nacionales para el concepto de currículo y áreas de formación | 20 |
| 3.2.1. <i>Normativos</i> | 20 |
| 3.2.2. <i>Actualización y modernización curricular en Ingeniería Industrial</i> | 23 |
| 3.2.3. <i>Referentes nacionales para áreas de formación</i> | 24 |
| 3.2.4. <i>Evaluación externa</i> | 27 |
| 3.3. Revisión de referentes internacionales para el concepto de currículo y áreas de formación | 28 |
| 3.4. Áreas de formación para Ingeniería Industrial | 45 |
| 3.5. Perfil del ingeniero industrial expresado en competencias..... | 46 |
| 3.6. Diagnóstico de fortalezas y debilidades según categorías de la formación actual de los ingenieros industriales | 56 |
| 3.6.1. <i>Conocimientos – Competencias teóricas (saberes)</i> | 56 |
| 3.6.2. <i>Metodologías – Competencias prácticas (el dominio de las técnicas)</i> | 57 |
| 3.6.3. <i>Axiología de la actuación – competencias comportamentales (aptitudes personales y sociales)</i> | 58 |

| | |
|--|-----------|
| 3.6.4. Escenarios de aplicación (escenarios ocupacionales)..... | 58 |
| 3.7. Flexibilidad del currículo..... | 61 |
| 3.8. Mediaciones tecnológicas en los programas de Ingeniería Industrial. | 62 |
| 4. ESTRUCTURA INVESTIGATIVA | 69 |
| 5. RELACIÓN CON EL SECTOR EXTERNO | 72 |
| 6. EGRESADOS..... | 74 |
| 7. SUGERENCIAS PARA LA ACTUALIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CURRÍCULO..... | 75 |
| 8. REFERENCIAS | 79 |
| 9. ANEXOS | 82 |
| Anexo 1. Instituciones de educación superior y entidades que participaron en la construcción del documento | 82 |
| Anexo 2. Participantes en la construcción del documento | 83 |
| Anexo 3. Mapa de Competencias del ingeniero industrial..... | 84 |
| Anexo 4. Conocimientos, habilidades, actitudes y valores del ingeniero industrial | 88 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Tabla 1. | Áreas del conocimiento y de prácticas esperadas. | 24 |
| Tabla 2. | Áreas fundamentales de la ingeniería Industrial. | 25 |
| Tabla 3. | Resumen de referentes nacionales en estructura curricular | 26 |
| Tabla 4. | Actividades reservadas al ingeniero industrial..... | 29 |
| Tabla 5. | Áreas determinadas por el CACEI para Ingeniería Industrial.... | 35 |
| Tabla 6. | Áreas macro para Ingeniería Industrial | 46 |
| Tabla 7. | Competencias del componente de ciencias básicas de ingeniería | 52 |
| Tabla 8. | Fortalezas y debilidades asociadas a la categoría de conocimientos – competencias teóricas (saberes)..... | 56 |
| Tabla 9. | Fortalezas y debilidades asociadas a la categoría Metodologías - competencias prácticas (el dominio de las técnicas)..... | 57 |
| Tabla 10. | Fortalezas y debilidades asociadas a la categoría Axiología de la actuación – competencias comportamentales (aptitudes personales y sociales) | 58 |
| Tabla 11. | Fortalezas y debilidades asociadas a la categoría Escenarios de aplicación – competencias comportamentales (aptitudes personales y sociales) | 59 |
| Tabla 12. | Tendencias tecnológicas Globales (2020) | 63 |
| Tabla 13. | Componentes curriculares..... | 77 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1. | Programas de Ingeniería Industrial en Colombia | 16 |
| Figura 2. | Los ingenieros industriales como “los médicos de las empresas” | 18 |
| Figura 3. | Competencias claves de los ingenieros industriales recién egresados | 47 |

PRESENTACIÓN

La Red de Programas de Ingeniería Industrial de ACOFI (REDIN) – Nodo Bogotá en el marco del trabajo colaborativo que ha venido realizando desde sus inicios, identificó en el 2015 la necesidad de trabajar en un documento que sirviera de consulta y de apoyo a la Red, en materia de lineamientos curriculares para los programas de Ingeniería Industrial.

Dentro de este contexto, se plantea y presenta el siguiente documento, el cual es una propuesta que luego del trabajo realizado por diferentes instituciones de educación superior (IES) que componen el nodo Bogotá, y en el cual han participado representaciones de otras IES de los nodos regionales en el país, se considera reúne los elementos importantes, desde la parte normativa, de tendencias y estudios realizados a nivel local, nacional e internacional, para el direccionamiento y análisis de los programas de Ingeniería Industrial.

Como se ha mencionado en diferentes reuniones locales y nacionales, este documento en ningún momento pretende ser una imposición para alguna IES, simplemente es un marco propuesto que incluye las diferentes perspectivas y aportes colaborativos para la construcción y gestión de los programas de Ingeniería Industrial en el país. Se resalta que cada IES además está en la libertad de adoptar lo que considera pertinente para su filosofía institucional y proyectos educativos particulares. Adicionalmente, se entiende que cada región del país presenta retos particulares, que hace que el programa específico ofrecido para la población en donde se oferta el programa, tenga elementos diferenciales y específicos, que lo llevan también a responder a estas necesidades.

Cabe mencionar que también se identifica la necesidad de estar actualizando este documento, ya que los marcos normativos y tendencias cambian en el

transcurso del tiempo, lo que conllevará a nuevas y futuras versiones del mismo. De la misma manera, este texto es una invitación permanente a la ampliación, análisis y reflexión de cada uno de los tópicos propuestos.

Joseph Voelkl Peñaloza

Presidente Red de Programas de Ingeniería Industrial de ACOFI (REDIN) –
Nodo Bogotá 2020.

Profesor Ingeniería Industrial, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio
Garavito.

INTRODUCCIÓN

Los lineamientos curriculares son la base para estructurar un programa de pregrado de ingeniería. Entre los aspectos que se destacan, se encuentran la fundamentación teórica y metodológica de los conocimientos de cada campo, que busca la optimización de los recursos para el crecimiento, desarrollo sostenible y bienestar de la humanidad.

A partir de la participación de los miembros que conforman la Red de Decanos y Directores de Programas de Ingeniería Industrial (REDIN), capítulo de ACOFI, se construyó el presente documento estructurado en siete secciones:

- Antecedentes del documento de lineamientos curriculares de ingeniería industrial
- Contexto internacional y nacional de la ingeniería industrial
- Aspectos relevantes en el contenido curricular
- Estructura investigativa
- Relación con el sector externo
- Egresados
- Recomendaciones para la actualización y modernización del currículo

Cada sección plantea elementos generales alrededor de los aspectos que se consideran centrales para lograr un proceso de formación exitoso de los futuros ingenieros industriales.

Se resalta que el capítulo dedicado a los aspectos relevantes en el contenido curricular, el cual propone una serie de elementos de referencia como las áreas de formación, el perfil del ingeniero industrial, sus fortalezas y debilidades y los elementos curriculares, entre otros, busca complementar el trabajo que cada programa realiza en el marco de su autonomía. De la misma manera, el documento presenta una serie de recomendaciones alrededor del currículo.

Es importante mencionar que este documento mantiene algunas de las consideraciones que ACOFI y el ICFES presentaron en 1996 en el documento “Actualización y modernización curricular para ingeniería industrial” y los aspectos trabajados en 2005 para la prueba ECAES (hoy Saber Pro) en relación con la ingeniería industrial.

Para este documento se tuvieron en cuenta lineamientos curriculares como los expuestos por el Instituto de Ingenieros Industriales y de Sistemas de Estados Unidos (IISE, por sus siglas en inglés); el Accreditation Board of Engineering and Technology (ABET) de Estados Unidos; el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (Cacei), de México; el marco educativo innovador, iniciativa Concebir, Diseñar, Implementar y Operar (CDIO); los referentes de la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de Ingeniería (Asibei), el “Libro blanco de titulaciones de ingeniería de la rama industrial”, de España, y la documentación de la Red Europea para la Acreditación de la Educación en Ingeniería (EUR-ACE).

A partir de este documento se deben generar análisis, reflexiones, nuevas recomendaciones y aportes que permitan contar con elementos que promuevan la excelencia en los programas de ingeniería industrial en el país.

1. ANTECEDENTES DEL DOCUMENTO DE LINEAMIENTOS CURRICULARES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

A mediados de 2015 en Bogotá, en el marco de la reunión de la Red de Programas de Ingeniería Industrial de ACOFI (REDIN), los decanos, directores y coordinadores de los programas de Ingeniería Industrial de varias instituciones de educación superior, plantearon el interrogante ¿Cuál debe ser el perfil de un ingeniero industrial? A partir de esta inquietud, se programaron y ejecutaron actividades y reflexiones que permitieron construir este documento, el cual refleja los resultados de una investigación cualitativa de tipo descriptivo, orientada a identificar los aspectos necesarios para la formación de un ingeniero industrial, sin entrar a especificar el énfasis que pudiera tener cada región, institución o programa.

En junio de 2015 se desarrolló el taller “Ideas for Teams”, cuya pregunta objetivo fue ¿Cuál debería ser la formación de un ingeniero industrial? El siguiente taller, de focalización de ideas fuerza, se realizó en julio del mismo año. Las ideas abordadas fueron: grado de identidad de la Ingeniería Industrial; transmisión de conocimientos versus su aplicación; estrategias para promover la creatividad y la innovación en la formación; ciencias básicas en la formación del ingeniero industrial; estrategias pedagógicas y didácticas en el desarrollo de microcurrículos; perfil diferenciador del ingeniero industrial.

En febrero de 2016 se trabajó en la identificación de áreas de conocimiento de la Ingeniería Industrial en el “Taller de avance curricular”. En marzo del mismo año se definieron ocho competencias del ingeniero industrial, a partir de la información recopilada en los talleres anteriores. En agosto se trabajó un modelo de malla curricular; en septiembre se hizo un taller en Villa de Leyva (Boyacá), en el que se inició la construcción del documento “Actualización curricular de programas de Ingeniería Industrial”. Ese mes, en la ciudad de Cartagena de Indias, se realizó un taller sobre las competencias del ingeniero industrial, que contó con la participación de docentes y directores de programas de Ingeniería Industrial de distintas instituciones a escala nacional.

En marzo de 2019 se llevó a cabo un taller en la Universidad de Antioquia, en el que participaron 52 directivos de programas de Ingeniería Industrial de diferentes ciudades del país. Este taller se realizó en torno a las competencias generales que debe tener un ingeniero industrial en ciencias básicas, ciencias básicas de ingeniería, ingeniería aplicada y en el componente sociohumanístico.

A la fecha se han realizado diversas sesiones para consolidar el documento de “Lineamientos curriculares del programa de Ingeniería Industrial”.

2. CONTEXTO INTERNACIONAL Y NACIONAL DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Para ilustrar el contexto internacional y nacional se hace necesario mencionar algunos de los referentes de la Ingeniería Industrial en el mundo:

Para comenzar, se evoca el pensamiento de Jean Perronett, quien menciona que los trabajos precursores de la Ingeniería Industrial se evidencian a partir de 1775, con el desarrollo de la industria textil en Inglaterra, de la mano de la invención de la Water Frame, un marco giratorio movido por agua para dar potencia a una máquina hiladora, diseñada por sir Richard Arkwright (1732–1792), así como por sus escritos sobre la organización y división del trabajo en su fábrica textil.

En el año 1911, gracias a los trabajos presentados en la American Society of Mechanical Engineers (ASME), Frederick Winslow Taylor (1856–1915) se hizo merecedor al reconocimiento como el padre de la Ingeniería Industrial.

Paralelamente, atendiendo el crecimiento industrial y las necesidades de las empresas, en 1908 la academia se involucró con la formación de los ingenieros industriales al crear la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Estatal de Pensylvania y en otras como Purdue, Cornell, Illinois, Georgia Tech, la Universidad de California en Berkeley y Stanford, en Estados Unidos.

En el contexto colombiano, en 1939 la Universidad Nacional de Colombia intentó crear la carrera de Ingeniería Industrial. Sin embargo, no fue sino hasta 1958 cuando la Universidad Industrial de Santander dio apertura a la primera Escuela de Ingeniería Industrial. Posterior a ello, hacia la década de los sesenta, se crearon nuevos programas de Ingeniería Industrial en la Universidad de los Andes y la Universidad de Antioquia. En la década de los setenta se abrió el programa en las universidades Católica de Colombia, Pontificia Universidad Javeriana, Distrital Francisco José de Caldas, Tecnológica de Pereira, Libre y del Valle.

Es así como, desde la época de los sesenta, la Ingeniería Industrial se ha venido convirtiendo en una profesión consolidada globalmente. Por su formación holística y el amplio dominio de conocimientos técnicos, proyecta a los ingenieros industriales hacia la aplicación de esos conocimientos y habilidades en la optimización de los recursos organizacionales, del talento humano, materiales, informáticos, tecnológicos, energéticos y financieros para el logro de progreso y mejora continua en las organizaciones de producción de bienes y servicios del mundo. Así mismo, aporta al logro de los mejores indicadores organizacionales encaminados a los requerimientos y exigencias de la globalización.

A escala mundial, este profesional se encuentra inmerso en diversas prácticas que constituyen una parte primordial en el diseño de procesos para la obtención de productos y servicios, cada día en busca de la mayor efectividad, en el menor tiempo posible, con más productividad y despliegue de ideas innovadoras que benefician al empresario del mundo, satisfaciendo las necesidades de la sociedad.

El contexto industrial, dentro del cual giran los roles del ingeniero industrial, es dinámico y a la vez le plantea retos que deben ser asumidos de manera integral, con un enfoque sistémico y una visión global.

El escenario que contempla las mayores exigencias hacia los profesionales de la Ingeniería Industrial es donde germinan los procesos de manufactura, ya que la esencia de la profesión radica en el diseño y control de procesos industriales y organizacionales. Por esto, en la industria nacional e

internacional el ingeniero industrial juega un papel muy importante en el sistema, debido a sus conocimientos teóricos sobre la técnica y la aplicación de la ciencia, dirigidos a obtener resultados prácticos.

Por lo tanto, el ingeniero industrial puede aplicar los conceptos lógicos y técnicas de orden cuantitativo y cualitativo aplicados a los sistemas industriales y organizacionales, que le permiten comprender los principios y fenómenos que gobiernan los procesos, su interpretación y su correcta valoración, con lo cual podrá disminuir la incertidumbre asociada a la toma de decisiones, tener una visión sistemática de los “know-how”, así como diseñar y optimizar los resultados de la fabricación, mejorar los métodos de producción y lograr la satisfacción del cliente. Por otro lado, este enfoque hacia la manufactura ha ido complementándose, en la medida en que también se busca optimizar los procesos de servicios, tanto en las mismas empresas de manufactura, como en aquellas que ofrecen únicamente servicios.

Revisando en un nivel general los conceptos y el desarrollo de las competencias en los procesos de formación de los ingenieros industriales en Colombia, se evidencia que éstos se encuentran fundamentados en una bibliografía extranjera en la que los académicos de Norteamérica y de Europa suelen ser los más reconocidos autores de los libros de texto que se usan en la enseñanza de la Ingeniería Industrial y que se caracterizan por un trabajo con aplicaciones validadas de manera exitosa en el mundo académico y profesional. Cabe anotar que es importante entender de manera integral estas metodologías y adaptarlas a las condiciones propias y a la realidad local y nacional, teniendo en cuenta que las pequeñas y medianas empresas en Colombia, e incluso algunas grandes compañías, se gestionan con métodos empíricos.

Es necesario recalcar que un ingeniero industrial no es exactamente el mismo en cualquier latitud del mundo. Para sustentar este argumento, se puede observar cómo en España existen algunas especialidades o énfasis; por ejemplo, el ingeniero químico industrial, el ingeniero mecánico industrial o el ingeniero eléctrico industrial. Sin embargo, la denominación que se ajusta más a la de ingeniero industrial de Colombia es el de ingeniero de

organización industrial (UniSalle, 2016, p. 10). Así mismo, en México, el programa es identificado como “Licenciatura en Ingeniería Industrial”, con un énfasis primario en el emprendimiento y la innovación para la gestión de la cadena de suministros, producción y administración de las empresas.

En este punto se puede destacar cómo en la actualidad el conocimiento se encuentra publicado; cada día la formación se orienta a reconocer que ningún método, por bueno que sea, debe ser aplicado sin analizar las situaciones particulares. El ingeniero industrial tiene la capacidad de tomar el conocimiento ya existente y adecuarlo para resolver los problemas propios de su profesión.

Como breve conclusión, se define que a escala tanto nacional como internacional el reto del profesional en Ingeniería Industrial está en tener la capacidad de adaptarse al cambio para atender los nuevos retos y tendencias, incluyendo los aspectos tecnológicos que apliquen para el desarrollo y quehacer de la profesión en el entorno en el que ejerza (ya sea local, regional, nacional o internacional).

3. ASPECTOS RELEVANTES EN EL CONTENIDO CURRICULAR

3.1. Definición de la Ingeniería Industrial

Para empezar, es necesario recordar que en Colombia se concibió la Ingeniería Industrial a partir de los años sesenta, década en la que se fundaron las primeras facultades de Ingeniería Industrial, tales como: la Universidad Industrial de Santander (primer programa, creado en 1958), la Universidad de los Andes, la Universidad Tecnológica de Pereira y la Universidad del Valle. Para 1987 existían 24 programas y en julio del 2020, 162 programas en todo el país (figura 1).

Antes de seguir adelante con la definición, se considera que la profesión de Ingeniería Industrial y su función ha evolucionado en respuesta al surgimiento de nuevas tecnologías, la creciente competencia global, exigiendo el desarrollo de nuevos productos, servicios y procesos.

PROGRAMAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN COLOMBIA

ESTUDIANTES MATRICULADOS

Entre los años 2015 y 2018 se matricularon **579.656** estudiantes en los programas de ingeniería industrial.



ESTUDIANTES EN PRIMER CURSO

80.553 nuevos estudiantes recibieron los programas del país entre 2015 y 2018.



Existen **162** programas en el país.



30 funcionan en Instituciones de Educación Superior públicas y **132** en IES privadas.

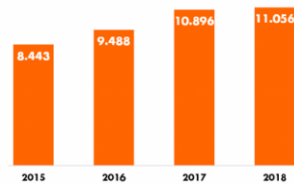
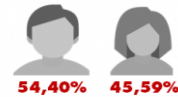


Los **ingenieros industriales** diseñan, dirigen y mejoran los procesos para la **producción** de bienes y servicios. Lo realizan con el desarrollo de **estrategias de optimización** de los recursos técnicos, materiales, financieros, logísticos e informáticos con criterios de **eficiencia y competitividad**, elevando el bienestar de las personas y el **avance** del país.

GRADUADOS 2015—2018



Durante este periodo se graduaron **39.923** ingenieros industriales.



UBICACIÓN GEOGRÁFICA



| | |
|----------------------------|---------------------|
| Bogotá, D.C.: 45 | Córdoba: 3 |
| Valle del Cauca: 19 | Meta: 3 |
| Antioquia: 19 | Magdalena: 2 |
| Atlántico: 14 | Quindío: 2 |
| Santander: 13 | Chocó: 2 |
| Bolívar: 6 | Cauca: 2 |
| N. de Santander: 5 | Cesar: 2 |
| Cundinamarca: 5 | Guajira: 1 |
| Caldas: 5 | Nariño: 1 |
| Boyacá: 4 | Tolima: 1 |
| Huila: 4 | Sucre: 1 |
| Risaralda: 3 | |

Figura 1. Programas de Ingeniería Industrial en Colombia

Fuente: ACOFI (2020)

Con frecuencia se expresa de forma general que la Ingeniería Industrial tiene distintas líneas de acción, entre las cuales se encuentran las de producción, logística, sistemas integrados de gestión, procesos, gestión financiera, siempre buscando la eficiencia, el mejoramiento de procesos y la optimización de los recursos.

Habría que decir también que el ingeniero industrial es aquel profesional cuya formación lo capacita para diseñar sistemas complejos y gestionar en forma eficiente los recursos dentro de una organización, abordando con capacidad analítica y creativa problemas diversos y complejos.

Volviendo la mirada hacia la definición de la Ingeniería Industrial, es posible afirmar que ha venido evolucionado de acuerdo con las necesidades del entorno. Para el año 1996, Ross W. Hammond menciona que abarca el diseño, mejora e instalación de sistemas integrados, personas, materiales y equipos con conocimientos especializados de las ciencias, matemáticas, física y sociales (ingenieríaindustrialonline, s.f.)

Según el Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE) de Estados Unidos, la Ingeniería Industrial se ocupa del diseño, mejora e instalación de sistemas integrados de personas, materiales, información, equipos y energía. Se basa en conocimientos y habilidades especializados 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.¹

Otra definición la provee ACOFI (2003): El ingeniero industrial es aquel profesional que actúa en cualquier sistema formado por personas, materiales, recursos financieros y equipos y, aplicando la ciencia y la técnica, cambia el entorno en beneficio colectivo, con responsabilidad social (p. 161).

De acuerdo con Rivera y Chaparro (2017), el objeto de estudio de la Ingeniería Industrial es el diseño y el mejoramiento de sistemas productivos de bienes y servicios, utilizando de manera racional los recursos empresariales, buscando la eficiencia y efectividad de las operaciones, con el fin de incrementar la productividad y la competitividad de las organizaciones para responder a los resultados esperados por la organización y la sociedad.

Una manera sencilla de comprender el foco o razón de ser del ingeniero industrial lo ofrece Vargas (2016), quien afirma que “los ingenieros industriales son los médicos de las empresas” (figura 2). Además, plantea que la esencia básica del ingeniero industrial es diseñar los procesos de una organización que conforman su cadena de valor (sistema integrado) de forma flexible y responsable, así como optimizar los recursos que se emplean en dichos procesos con el fin de producir productos (bienes o

1 Tomado de <https://www.iise.org/Details.aspx?id=43631>, traducción libre.

servicios), de manera que se satisfagan las expectativas de un mercado. Dependiendo del mercado, las expectativas pueden ser de costo, tiempo, calidad, características del producto, entre otras.



Figura 2. Los ingenieros industriales como “los médicos de las empresas”

Fuente: Elaboración propia a partir de Vargas (2016).

Vargas (2016) menciona que la esencia de cualquier ingeniero es diseñar algo. El ingeniero industrial diseña procesos para producir bienes y servicios, considerando calidad, costos, seguridad y tiempos (criterios para medir la productividad). Es decir, diseña los procesos (o sistemas integrados) que cumplan con el precio, la calidad, los tiempos y las características del mercado. En el diseño de procesos determina la tecnología que involucra, etc. (ingeniería de procesos), realiza las mediciones respectivas (medición), realiza el costeo (rentabilidad), decide cómo garantizar la calidad del proceso, tanto de tipo gerencial como técnico (sistemas integrados), identifica riesgos en el diseño del proceso (seguridad y salud en el trabajo) y diseña el plan de contingencia por emplear, diseña con máxima eficiencia y mínima fatiga (ergonomía), evalúa impactos al medio externo y diseña el plan de manejo (producción limpia).

Para Vargas (2016), la Ingeniería Industrial tiene dos ramas principales:

- Optimización de recursos: Las herramientas que se emplean en este punto son, entre otras, conocimiento y dimensionamiento del mercado a través de pronósticos, Data Mining o Big Data; gestión de operaciones a través de modelos de planeación de operaciones; programación de operaciones en empresas de manufactura o servicio; modelos de control y logística.
- Gestión organizacional: Algunas de las herramientas que aplica en ella son sistemas administrativos; gestión humana; finanzas y mercadeo; gestión de proyectos; sistemas de programación; desarrollo sostenible, todo lo anterior con una actitud innovadora.

Por último, es fundamental que el ingeniero industrial fortalezca sus habilidades transversales como la capacidad para trabajar en equipos multidisciplinarios, así como el liderazgo, la comprensión de la responsabilidad profesional y ética, la capacidad para comunicarse efectivamente, reconocer la necesidad de aprender a lo largo de la vida y mantenerse actualizado en temas contemporáneos.

Los autores, con base en algunas definiciones de Ingeniería Industrial y de su objeto de estudio, definen la Ingeniería Industrial como una disciplina que se encarga de intervenir un sistema (o un proceso) o parte de él, con el fin de mejorar la productividad en la producción de un bien o servicio, utilizando herramientas para el mejoramiento u optimización del funcionamiento de dicho sistema o subsistema, siempre teniendo en cuenta el talento humano, los materiales e insumos, los equipos e instalaciones, los recursos financieros, de información y de energía, buscando cambiar el entorno en beneficio colectivo, en un marco de responsabilidad social empresarial y sostenibilidad ambiental (Rivera & Chaparro, 2017).

Por último, en los documentos de prospectiva de la Ingeniería Industrial 2020 se menciona que uno de los aspectos distintivos de la Ingeniería Industrial es aplicar los conocimientos para hacer sistemas productivos más efectivos en calidad, tiempo y costo, al hacer más y mejor con menos, en concordancia con las nuevas tecnologías y la competencia en el mercado. Para ello, el ingeniero industrial deberá reconocer y aplicar

adecuadamente los conocimientos en industria 4.0 y analítica de datos, entre otros desarrollos, según sea necesario.

El entorno exige que la Ingeniería Industrial aplique estrategias en las que claramente se visualice el compromiso social y la responsabilidad ambiental, dando paso al emprendimiento y la creación de empresa desde el punto de vista de la innovación y la optimización de procesos productivos, logísticos y de gestión.

3.2. Revisión de los referentes nacionales para el concepto de currículo y áreas de formación

A continuación, se presenta una revisión de los principales referentes nacionales identificando las estructuras principales para las áreas de formación de un ingeniero industrial.

3.2.1. Normativos

En Colombia, la normativa sobre educación superior se encuentra reglamentada en la Ley 30 de 1992, “por el cual se organiza el servicio público de la educación superior”, la cual tiene por objeto el pleno desarrollo de los alumnos y su formación académica o profesional, bajo el principio de la autonomía universitaria, la cual permite la autorregulación filosófica y académica, así como independencia para determinar sus formas de gobierno y el Estado colombiano velará por el buen funcionamiento a través del fomento, la inspección y la vigilancia.

Desde la promulgación de la Ley 30 de 1992 se han desarrollado algunas normas específicas, las cuales han contribuido a obtener elementos que permiten organizar el sistema de educación superior.

Para el área de ingeniería, en el año 2001 el Ministerio de Educación Nacional (MEN) emitió el Decreto 792 de mayo del 2001, “Por el cual se establecen estándares de calidad en programas académicos de pregrado en Ingeniería” (derogado) y posteriormente incluido en la Resolución 2773 de 2003 (derogada), también del Ministerio de Educación Nacional, expresaba que los aspectos curriculares básicos se refieren a que el programa

(de ingeniería) debe poseer la fundamentación teórica y metodológica de la ingeniería que se sustenta en los conocimientos de las ciencias naturales y matemáticas; en la conceptualización, diseño, experimentación y práctica de las ciencias propias de cada campo, buscando la optimización de los recursos para el crecimiento, desarrollo sostenible y bienestar de la humanidad.

Posteriormente, en 2015, en el Decreto 1075 del Ministerio de Educación Nacional, en la sección 2, se establecen las condiciones para obtener el registro calificado; se enumeran los aspectos curriculares básicos del programa, y se incorporan los elementos que se relacionan a continuación:

1. La fundamentación teórica del programa.
2. Los propósitos de formación del programa, las competencias y los perfiles definidos.
3. El plan general de estudios representado en créditos académicos.
4. El componente de interdisciplinariedad del programa.
5. Las estrategias de flexibilización para el desarrollo del programa.
6. Los lineamientos pedagógicos y didácticos adoptados en la institución, según la metodología y modalidad del programa.
7. El contenido general de las actividades académicas. En el caso de los programas por ciclos propedéuticos, además, se debe describir el componente propedéutico que forma parte de los programas.
8. Las estrategias pedagógicas que apunten al desarrollo de competencias comunicativas en un segundo idioma en los programas de pregrado.

El Decreto 1075 del 26 de mayo del 2015 cita en su Título 2, Disposiciones específicas para sector privado, Capítulo 1 Expedición de licencia funcionamiento, Artículo 2.3.2.1.4. Solicitud. Además, la propuesta del proyecto educativo institucional (PEI) deberá contener por lo menos la siguiente información: Lineamientos generales del currículo y del plan estudios de acuerdo con lo establecido en el Capítulo I del Título 11 de la Ley 115 de 1994; en esta ley, en el Título IV, Organización para la

prestación del servicio educativo. Capítulo 2, Currículo y plan de estudios, se define:

Artículo 76. Concepto de currículo. Currículo es el conjunto de criterios, planes de estudio, programas, metodologías y procesos que contribuyen a la formación integral y a la construcción de la identidad cultural nacional, regional y local, incluyendo también los recursos humanos, académicos y físicos para poner en práctica las políticas y llevar a cabo el proyecto educativo institucional.

Artículo 79. Plan de estudios. El plan de estudios es el esquema estructurado de las áreas obligatorias y fundamentales y de áreas optativas con sus respectivas asignaturas, que forman parte del currículo de los establecimientos educativos.

En el momento de elaboración del presente documento, el referente normativo nacional para el concepto de currículo son el Decreto 1330 de 2019 del Ministerio de Educación Nacional, por el cual se sustituye el capítulo 2 y se suprime el capítulo 7 del Título 3 de la parte 5 del libro 2 del Decreto 1075 de 2015 (decreto único reglamentario del sector de educación) y la Ley 115 de 1994 (Ley General de Educación).

En el Decreto 1330 de 2019 se establecen las condiciones institucionales y de programa para garantizar la calidad de los programas académicos, a saber:

Condiciones institucionales

1. Mecanismos de selección y evaluación de estudiantes y profesores
2. Cultura de la autoevaluación
3. Programa de egresados
4. Modelo de bienestar
5. Recursos suficientes para garantizar el cumplimiento de las metas

Condiciones de programa

1. Denominación del programa
2. Justificación del programa
3. Aspectos curriculares
4. Organización de actividades académicas y proceso formativo.
5. Investigación, innovación o creación artística y cultural.
6. Relación con el sector externo
7. Profesores.
8. Medios educativos.
9. Infraestructura física y tecnológica.

3.2.2. Actualización y modernización curricular en Ingeniería Industrial

En marzo de 1996, la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), junto con el antiguo Instituto Colombiano de Fomento a la Educación Superior (ICFES), hoy con funciones únicamente de pruebas y denominado Dirección de Fomento a la Educación Superior del Ministerio de Educación Nacional, realizaron el documento sobre actualización y modernización curricular en Ingeniería Industrial, en el que abordaron varios aspectos sobre la enseñanza de esta profesión.

En el documento se destaca que el currículo, como sinónimo de recorrido, tiene sentido etimológico de “currere” o recorrido, de las carreras carrozadas en los circos romanos. De allí la palabra curriculum (singular) y curriculum (plural). Con esta concepción se trata de disponer en la institución criterios como admisión, seguimiento, planes, programas, recursos, etc. (ACOFI, 1996).

Rafael Rodríguez propuso un modelo curricular que comprende cuatro etapas: planeamiento, desarrollo, organización y evaluación curricular, buscando, [...]un proceso de investigación en ciencias sociales, aplicado

a la educación que, en un ciclo de permanente alimentación, recoge al estudiante, en su contexto, las interacciones entre ellos, para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje (ACOFI, 1996).

Considerar el currículum como un proyecto abierto, flexible, condicionado a la búsqueda de vías, formas, sistemas de enseñanza que favorezcan el desarrollo de estrategias intelectuales, métodos, habilidades que le permitan al individuo de manera independiente, orientarse y resolver los problemas de la vida.

3.2.3. Referentes nacionales para áreas de formación

Teniendo en cuenta diversos referentes para la formación integral del estudiante en ingeniería, en el plan de estudios básico es posible afirmar que al menos las siguientes áreas del conocimiento y de prácticas son las esperadas (adaptado de varios documentos):

Tabla 1. Áreas del conocimiento y de prácticas esperadas.

| | |
|---------------------------------------|---|
| Ciencias básicas | Integrado por cursos de ciencias naturales y matemáticas. |
| Ciencias básicas de ingeniería | Incluye los cursos que estudian las características y aplicaciones de las ciencias básicas para fundamentar el diseño de sistemas y mecanismos en la solución de problemas. |
| Ingeniería aplicada | Conjunto de conocimientos propios de un campo específico de la ingeniería. |
| Sociohumanística | Comprende los componentes económico, administrativo y sociohumanístico. |

Fuente: Elaboración propia

El documento "Actualización y modernización curricular", de 1996", en su capítulo V expresa:

Plan básico de estudios en ingeniería Industrial, punto 6. Contenidos de un plan de estudios para Ingeniería Industrial; propone que el plan mínimo de estudios de la Ingeniería Industrial debe tener las siguientes áreas:

- Ciencias básicas
- Humanística
- Administración u organización
- Producción
- Ambiental
- Económico–financiera
- Diseño de sistemas de información

En el documento de Álvaro Betancour Uscátegui, titulado “Seminarios para la modernización de los currículos de ingeniería. Ingeniería industrial, ACOFI, ICFES”, del año 1995, se definen las áreas fundamentales de la Ingeniería Industrial de la siguiente manera:

Tabla 2. Áreas fundamentales de la ingeniería Industrial.

| | |
|--------------------------------------|--|
| Área de ciencias básicas | Busca impartir conocimientos básicos de las matemáticas, la química y la física, que le permitan al estudiante y futuro ingeniero entender los fenómenos de la naturaleza, para que pueda posteriormente desarrollar modelos que le permitan encontrar soluciones a problemas de su profesión. |
| Área científico – tecnológica | Desarrolla habilidades en las que se aplican los conocimientos científicos para crear y utilizar tecnologías que lleven a facilitar el trabajo profesional y del quehacer diario. |
| Área socio–humanística | Forma un profesional con interés social, ético y cultural; con profundo respeto por las personas, su entorno y sus valores. |
| Área profesional | Entrega al estudiante los conocimientos y habilidades mínimas para que, aprovechando lo aprendido en las otras áreas, desarrolle sus capacidades creativas en el quehacer de su carrera. |
| Asignaturas extracurriculares | Idiomas, constitución colombiana, deportes y aquellas que cada institución de educación superior considere convenientes de acuerdo con sus condiciones particulares. |

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta un resumen de referentes nacionales consultados para la estructura curricular:

Tabla 3. Resumen de referentes nacionales en estructura curricular

| Decreto MEN 792 de 2001 (derogado) | ACOFI – 1996 (para ingeniería Industrial) | REDIN – ACOFI (2020) |
|--|--|--------------------------------|
| Área de las ciencias básicas | Área de ciencias básicas: ciencias básicas | Ciencias básicas |
| Área de ciencias básicas de ingeniería | Área científico–tecnológica | Ciencias básicas de ingeniería |
| Área de ingeniería aplicada | Área profesional: Producción; ambiental; diseño de sistemas de información | Ingeniería aplicada |
| Área socio-humanística: | Área sociohumanística | Sociohumanística |
| | Administración u organización; Económico–financiera | Económico-administrativa |
| | | Investigativa |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 1, el área de ciencias básicas se repite en los tres referentes consultados, lo cual permite concluir que es necesaria para el estudio de la ingeniería. Por otro lado, el área de ciencias básicas de la ingeniería, siendo la encargada del desarrollo de competencias orientadas al quehacer del ingeniero, también se considera fundamental en nuestro estudio.

En cuanto al área de ingeniería aplicada, se nota la diferencia en conceptos como producción, ambiental y diseño de sistemas, por lo que merece mayor profundización en la revisión para determinar si el nombre correcto es el de ingeniería aplicada. En el “Estado actual de la formación de los ingenieros industriales en Colombia”, se relacionan las debilidades del currículo del ingeniero industrial, entre las que más se destaca la poca habilidad de diseño que tienen, lo que podría dar a pensar que se requiere profundizar en esta área.

El área sociohumanística es común en los diferentes referentes, entendida como aquella que forma un profesional con interés social, ético y cultural, con profundo respeto por las personas, su entorno y sus valores; por lo tanto,

es un área que se debe conservar. Se considera que no se debe unir con el componente económico– administrativo, el cual debe estar considerado de manera independiente.

3.2.4. Evaluación externa

El Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES), en la prueba de final de carrera Saber Pro, para los programas de Ingeniería Industrial y algunas carreras como ingeniería de producción, ingeniería logística, entre otras, aplica el “Módulo de diseño de sistemas productivos y logísticos”².

El diseño de sistemas productivos y logísticos aborda la estructuración general de cadenas de abastecimiento de bienes y servicios y la estructuración específica de cada una de sus funciones (aprovisionamiento, producción y distribución). De igual manera, comprende la determinación e integración de los flujos de materiales, personas e información, así como las actividades de soporte, con el fin de generar soluciones que cumplan con criterios de calidad, costo, tiempo y flexibilidad.

Las áreas conceptuales de referencia para este módulo se encuentran asociadas al manejo y aplicación de bases conceptuales en análisis estadístico, modelación matemática aplicada a la optimización de sistemas productivos, estudio y medición del trabajo y su utilización en la gestión de operaciones, gestión de cadenas de abastecimiento y la definición de la capacidad, localización y distribución en planta de instalaciones industriales.

De acuerdo con la propuesta del ICFES, algunos ejemplos de productos tecnológicos objeto del diseño de sistemas productivos y logísticos que pueden ser planteados en las preguntas de este módulo son:

- Cadenas de abastecimiento.

2 <https://www.icfes.gov.co/documents/20143/1896230/MR+Diseno+de+ingenieria+Saber-Pro.pdf>

- Instalaciones industriales (localización, capacidad y distribución en planta).
- Sistemas de aprovisionamiento de recursos.
- Sistemas de producción de bienes y servicios.
- Sistemas de inventarios y almacenamiento.
- Sistemas de distribución física de bienes y acceso a servicios.

3.3. Revisión de referentes internacionales para el concepto de currículo y áreas de formación

En este apartado se revisaron referentes internacionales asociados a la formación de ingenieros industriales y se obtuvieron las siguientes conclusiones:

Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE)

El IEBok (2019), Cuerpo de conocimientos de Ingeniería Industrial del Instituto de Ingenieros Industriales y de Sistemas (IISE) de Estados Unidos menciona que:

El cuerpo de conocimientos de Ingeniería Industrial representa un repositorio de información esencial para la Ingeniería Industrial (IE) y está compuesto por áreas de conocimiento que representan una taxonomía de los conceptos relevantes de IE.

El Cuerpo de Conocimientos de Ingeniería Industrial (IEBok) se compone de doce (12) áreas de conocimiento, cada una de las cuales está representada por un esquema que define lo que debe ser conocido para alcanzar dominio en el campo de la IE. Estas áreas son:

Diseño del trabajo y medición, Investigación y análisis de operaciones, Análisis económico de ingeniería, Ingeniería de instalaciones y gestión energética, Ingeniería de calidad y fiabilidad, Ergonomía y factores humanos, Ingeniería de operaciones y gestión, Gestión de la cadena de suministros, Ingeniería de gestión, Seguridad, Ingeniería de la información, Ingeniería de diseño y fabricación y temas relacionados con diseño y desarrollo de producto y diseño de sistemas e ingeniería.

Es importante resaltar que cada área de conocimiento está conformada por esquemas, los cuales representan los contenidos temáticos de cada una de ellas. Se pueden consultar en el sitio web del IISE, directamente en el IEBoK publicado en enero de 2019.

Consejo Federal de Decanos de Argentina (CONFEDI)

En el documento sobre la propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República de Argentina, se proponen las siguientes actividades reservadas, competencias específicas y descriptores de conocimiento para Ingeniería Industrial:

Tabla 4. Actividades reservadas al ingeniero industrial

| Actividad reservada | Competencia específica | Descriptores de conocimiento |
|---|--|--|
| 1. Actividad reservada Competencia específica Descriptores de conocimiento | <p>1.1. Diseñar, proyectar, calcular, modelar y planificar las operaciones y procesos de producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).</p> <p>1.2. Diseñar, proyectar, especificar, modelar y planificar las instalaciones requeridos para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).</p> <p>1.3. Formular y evaluar proyectos públicos y privados de desarrollo.</p> | <p>Tecnologías aplicadas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Administración y gestión técnico-económica de las organizaciones y las operaciones. • Gestión comercial de las organizaciones. • Diseño de instalaciones, productos y procesos. • Formulación y evaluación de proyectos. • Sistemas de gestión y mejora continua. • Sustentabilidad, higiene y seguridad. |

| Actividad reservada | Competencia específica | Descriptores de conocimiento |
|--|---|---|
| <p>2. Dirigir o controlar las operaciones y el mantenimiento de lo antes mencionado.</p> | <p>2.1. Dirigir, gestionar, optimizar, controlar y mantener las operaciones, procesos e instalaciones requeridos para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).</p> <p>2.2. Evaluar la sustentabilidad técnico-económica y ambiental de las operaciones, procesos e instalaciones requeridos para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).</p> | <p>Tecnologías básicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mecánica de sólidos y fluidos. • Tecnología de materiales y procesos. • Tecnologías de control. • Máquinas y equipos. • Estadística para el análisis y la toma de decisiones. |
| <p>3. Certificar el funcionamiento o condición de uso o estado de lo antes mencionado.</p> | <p>3.1. Gestionar y certificar el funcionamiento, condiciones de uso, calidad y mejora continua de las operaciones, procesos e instalaciones requeridos para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).</p> | <p>Ciencias y tecnologías complementarias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ética y legislación. • Economía. • Comportamiento organizacional y relaciones del trabajo. • Sistemas informáticos para la gestión. • Desarrollo socioeconómico. |
| <p>4. Proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad y control del impacto ambiental en lo concerniente a su actividad profesional.</p> | <p>4.1. Proyectar, dirigir y gestionar las condiciones de higiene y seguridad en las operaciones, procesos e instalaciones requeridos para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).</p> | <p>Ciencias básicas de la ingeniería</p> <ul style="list-style-type: none"> • Física: calor, electricidad, magnetismo y mecánica • Informática: fundamentos de Programación |

| Actividad reservada | Competencia específica | Descriptor de conocimiento |
|---------------------|--|--|
| | <p>4.2. Gestionar y controlar el impacto ambiental de las operaciones, procesos e instalaciones requeridos para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Matemática: álgebra lineal, cálculo diferencial e integral, geometría analítica, ecuaciones diferenciales y probabilidad y estadística. • Química: fundamentos de química. • Sistemas de representación. |

Fuente: Libro rojo de CONFEDI

ABET

La agencia americana de acreditación de programas de ingeniería y tecnología, bajo su comisión EAC (Engineering Accreditation Commission), ha establecido los criterios generales para acreditación que son: Estudiantes, Objetivos Educativos del Programa, Resultados de aprendizaje (Student Outcomes), Mejoramiento continuo del programa, Currículo, Profesores, Recursos, Soporte institucional. Adicionalmente se establece el criterio de programa para Ingeniería Industrial y afines con especificaciones sobre el currículo y profesores.

La acreditación EAC de ABET constituye un certificado otorgado, en concordancia con el cumplimiento de todos los criterios del modelo, a un programa de ingeniería perteneciente a una institución de educación superior.

Tomando como referencia el Criterio EAC 2019–2020, se requiere que los programas tengan documentados sus resultados de aprendizaje que respalden los objetivos educativos del programa. El logro de estos resultados de aprendizaje, más los que el programa quiera articular de manera adicional, prepara a los graduados para ingresar a la práctica profesional de la ingeniería:

1. Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas.
2. Habilidad para aplicar diseño de ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas con la consideración de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.
3. Habilidad para comunicarse de manera efectiva con una variedad/rango de audiencias.
4. Habilidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones que involucren la ingeniería y hacer juicios informados, que deben considerar el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales.
5. Habilidad para funcionar efectivamente en un equipo cuyos miembros, en conjunto, proporcionen liderazgo, creen un entorno colaborativo e inclusivo, establezcan metas, planifiquen tareas y cumplan objetivos.
6. Habilidad para desarrollar y llevar a cabo experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el juicio de ingeniería para sacar conclusiones.
7. Habilidad para adquirir y aplicar nuevos conocimientos según sea necesario, utilizando estrategias de aprendizaje apropiadas.

El plan de estudios, según el Criterio EAC 2019–2020, requiere que se especifiquen las áreas temáticas apropiadas para la ingeniería. El plan de estudios del programa debe proporcionar contenido adecuado para cada área, debe ser consistente con los resultados del estudiante y los objetivos educativos del programa para garantizar que los estudiantes estén preparados para ingresar a la práctica de la ingeniería. En este sentido, el plan de estudios debe incluir:

- a. Un mínimo de 30 créditos–horas (o equivalentes) de matemáticas y ciencias básicas de nivel universitario con experiencia apropiada para el programa.

- b. Un mínimo de 45 créditos–horas (o equivalente) de temas de ingeniería apropiados para el programa, que consisten en ingeniería y ciencias de la computación y diseño de ingeniería, y utilizan herramientas de ingeniería modernas.
- c. Un amplio componente educativo que complementa el contenido técnico del plan de estudios y es coherente con los objetivos educativos del programa.
- d. Una experiencia culminante mayor de diseño de ingeniería que primero incorpore estándares de ingeniería apropiados y restricciones múltiples y, segundo, se base en el conocimiento y las habilidades adquiridas a través de los cursos previos en el plan de estudios.

Adicionalmente, según el Criterio EAC 2019–2020, los programas de Ingeniería Industrial y afines deben cumplir con lo siguiente:

1. **Currículum:** El plan de estudios debe preparar a los graduados para diseñar, desarrollar, implementar y mejorar los sistemas integrados que incluyen personas, materiales, información, equipos y energía. El plan de estudios debe incluir instrucción en profundidad para lograr la integración de sistemas utilizando prácticas analíticas, computacionales y experimentales apropiadas.
2. **Profesores:** Se debe proporcionar evidencia de que los profesores del programa comprenden la práctica profesional y se mantienen vigentes en sus respectivas áreas profesionales. Los profesores del programa deben tener la responsabilidad y la autoridad suficientes para definir, revisar, implementar y lograr los objetivos del programa.

CACEI

El Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI), de México, en su documento “Marco de referencia para la evaluación con fines acreditación de los programas de ingeniería y aplicar estos criterios a partir de 2018”, expresa específicamente para Ingeniería Industrial lo siguiente:

El plan de estudios debe proveer al egresado un amplio y profundo conocimiento de los temas específicos de Ingeniería Industrial, de ciencias básicas y ciencias de la ingeniería para diseñar, desarrollar, implementar y mejorar sistemas integrados que incluyan personas, materiales, información, infraestructura y equipamiento y energía.

El plan de estudios debe incluir un aprendizaje sólido para promover la integración de los sistemas utilizando prácticas analíticas, computacionales y experimentales, así como sistemas y *software*. Debe prepararlo para ser eficiente y experto en a) materiales y procesos de manufactura: es decir, tener habilidades para el diseño de procesos de manufactura que resulten en productos que cumplan con los requerimientos en los materiales utilizados y en las normas; b) procesos productivos, almacenamiento e ingeniería de producto; diseño de productos y equipo, herramientas o dispositivos y el ambiente necesario para su manufactura; c) competitividad manufacturera: es decir, habilidad de crear una ventaja competitiva a través de la planeación de la manufactura, estrategia, calidad y control; d) diseño de sistemas de manufactura: habilidad para analizar, sintetizar y controlar las operaciones de manufactura utilizando métodos estadísticos y; e) simulación en laboratorio de manufactura o instalaciones necesarias para los procesos: la habilidad para medir las variables asociadas al proceso de manufactura y el desarrollo de técnicas que marquen tendencias en el proceso mismo, tomando en cuenta las necesidades y los impactos social, económico y ambiental en la solución técnica propuesta. Debe preparar a los egresados para diseñar, desarrollar, implementar y mejorar sistemas integrados que incluyan personas, materiales, información, equipos y energía. El plan de estudios debe incluir el desarrollo de competencias para integrar los sistemas utilizando prácticas analíticas, computacionales y experimentales adecuadas.

Tabla 5. Áreas determinadas por el CACEI para Ingeniería Industrial

| Ciencias de la ingeniería | Ingeniería aplicada y diseño en ingeniería |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Procesos de manufactura • Fundamentos de la ingeniería eléctrica • Introducción a los materiales • Metrología industrial • Seguridad y salud ocupacional • Optimización de operaciones • Análisis de decisiones • Análisis y diseño experimental • Análisis estadístico • Dibujo asistido por computadora • Programación computacional • Evaluación y administración de proyectos • Ingeniería de costos • Antropometría y biomecánica • Estadística aplicada • Ingeniería de métodos • Control de calidad y confiabilidad • Instrumentación industrial • Mediciones en ingeniería • Investigación de operaciones • Análisis de decisiones • Ingeniería de sistemas | <ul style="list-style-type: none"> • Planeación y control de la producción • Instalaciones industriales • Distribución y localización de planta • Computación aplicada • Desarrollo empresarial • Sistemas flexibles de manufactura • Ingeniería de métodos • Control de calidad y confiabilidad • Viabilidad de proyectos • Simulación de sistemas • Cadena de suministros • Ingeniería del factor humano • Administración del mantenimiento • Sistemas de gestión de calidad • Sustentabilidad y energía • Sistemas de información • Modelación y análisis de sistemas |

Fuente: CACEI

CDIO

La Iniciativa CDIO³ tiene tres objetivos generales que se centran en formar alumnos capaces de:

1. Dominar un profundo conocimiento operativo de los fundamentos técnicos.
2. Ser líderes en la creación y la operación de nuevos productos y sistemas.
3. Comprender la importancia y el impacto estratégico de la investigación y del desarrollo tecnológico en la sociedad.

3 <http://www.cdio.org>.

En esta iniciativa los alumnos reciben una educación rica en experiencias de diseño–implementación y en aprendizaje activo y experiencial, el cual tiene lugar tanto en la sala de clases como en espacios de trabajo y aprendizaje más modernos. En este documento se ofrece uno de estos recursos, los estándares CDIO.

En enero de 2004, la iniciativa CDIO adoptó 12 estándares para describir los programas CDIO. Los 12 estándares CDIO abordan la filosofía del programa (estándar 1), el desarrollo del currículum (estándares 2, 3 y 4), las experiencias de diseño–implementación y los espacios de trabajo (estándares 5 y 6), los métodos de enseñanza y aprendizaje (estándares 7 y 8), el desarrollo docente (estándares 9 y 10), y la evaluación (estándares 11 y 12). Cada estándar se presenta con una descripción, una fundamentación y una rúbrica.

ASIBEI

De acuerdo con la Asamblea General de la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI), llevada a cabo en la ciudad de Valparaíso, Chile, el 12 de noviembre de 2013, se establecen competencias en ingeniería para Iberoamérica:⁴

Competencias tecnológicas

1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
2. Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.
3. Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.
4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
5. Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos o innovaciones tecnológicas.

⁴ <http://www.asibei.net/boletines/2014/enero/index.html>

Competencias sociales, políticas y actitudinales

1. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
2. Comunicarse con efectividad.
3. Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
4. Aprender en forma continua y autónoma.
5. Actuar con espíritu emprendedor.

España

De acuerdo con el “Libro blanco de titulaciones de ingeniería de la rama industrial”, en su capítulo quinto, Estructura general del título: Ingeniero en organización industrial, la opción adoptada por la Conferencia de Escuelas de Ingeniería Técnica y por todas las universidades de la red del *Libro blanco de ingeniería de organización*, ha sido estructurar los “nuevos estudios” en dos ciclos, etapas o periodos de acceso al conocimiento en la formación superior, de cuatro años (grado), un año (posgrado).

Están organizados en las siguientes categorías:

1. Ciencias de la ingeniería
2. Ciencias aplicadas–tecnologías
3. Ciencias y técnicas de gestión
4. Optativas
5. Proyecto de fin de estudios

En este punto, se precisa que el título de ingeniero en organización industrial, planteado en el *Libro blanco*, se inspira en las titulaciones de Ingeniería Industrial y de organización industrial con amplia tradición en España, adaptándolas al EEES en el marco del proceso de Bolonia, a la realidad

empresarial y al nuevo contexto económico y las necesidades profesionales que se derivan.

EUR-ACE

Este referente internacional consiste en un certificado concedido por la Red Europea para la Acreditación de la Educación en Ingeniería a una institución de educación superior con respecto a un título de ingeniería de pregrado o máster, evaluado según una serie de estándares definidos, de acuerdo con los principios de calidad, relevancia, transparencia, reconocimiento y movilidad contemplados en el Espacio Europeo de Educación Superior.

Los resultados del programa que busca EUR-ACE son⁵:

- **Conocimiento y comprensión. El proceso de aprendizaje debería permitirles a los graduados demostrar:**
 1. Conocimiento y comprensión de las matemáticas y otras ciencias básicas subyacentes a su especialización en ingeniería, en un nivel necesario para lograr los otros resultados del programa.
 2. Conocimiento y comprensión de las disciplinas de ingeniería que subyacen a su especialización, en un nivel necesario para lograr los otros resultados del programa, incluida cierta conciencia en primer plano.
 3. Conciencia del contexto multidisciplinario más amplio de la ingeniería.
- **Análisis de ingeniería. El proceso de aprendizaje debería permitirles a los graduados demostrar:**
 1. Capacidad de analizar productos, procesos y sistemas de ingeniería complejos en su campo de estudio; seleccionar y aplicar métodos relevantes a partir de métodos analíticos, computacionales y

⁵ Información tomada de: <https://www.enaae.eu/eur-ace-system/standards-and-guidelines/#-standards-and-guidelines-for-accreditation-of-engineering-programmes>.

experimentales establecidos; interpretar correctamente los resultados de tales análisis.

2. Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería en su campo de estudio; seleccionar y aplicar métodos relevantes a partir de métodos analíticos, computacionales y experimentales establecidos; reconocer la importancia de las limitaciones no técnicas –sociales, de salud y seguridad, ambientales, económicas e industriales.
- **Diseño de ingeniería. El proceso de aprendizaje debería permitirles a los graduados demostrar:**
 1. Capacidad para desarrollar y diseñar productos complejos (dispositivos, artefactos, etc.), procesos y sistemas en su campo de estudio para cumplir con los requisitos establecidos, que pueden incluir un conocimiento de aspectos no técnicos: sociales, sociales y de salud, ambientales, económicos e industrial – consideraciones; seleccionar y aplicar metodologías de diseño relevantes.
 2. Capacidad de diseño utilizando cierta conciencia de la vanguardia de su especialización en ingeniería.
 - **Investigaciones. El proceso de aprendizaje debería permitirles a los graduados demostrar:**
 1. Capacidad para realizar búsquedas en la bibliografía, consultar y utilizar críticamente bases de datos científicas y otras fuentes de información apropiadas, para llevar a cabo simulaciones y análisis con el fin de realizar investigaciones detalladas e investigaciones de aspectos técnicos en su campo de estudio.
 2. Capacidad de consultar y aplicar códigos de prácticas y normas de seguridad en su campo de estudio.
 3. Habilidades y capacidad de laboratorio/taller para diseñar y realizar investigaciones experimentales, interpretar datos y sacar conclusiones en su campo de estudio.
 - **Práctica de ingeniería. El proceso de aprendizaje debería permitirles a los graduados demostrar:**

1. Comprensión de las técnicas y métodos de análisis, diseño e investigación aplicables y de sus limitaciones en su campo de estudio.
 2. Habilidades para resolver problemas complejos, realizar diseños de ingeniería complejos y realizar investigaciones en su campo de estudio.
 3. Comprensión de los materiales, equipos y herramientas aplicables, tecnologías y procesos de ingeniería, y de sus limitaciones en su campo de estudio.
 4. Capacidad de aplicar las normas asociadas a la práctica de ingeniería en su campo de estudio.
 5. Conciencia de las implicaciones no técnicas–sociales, sociales, de salud y seguridad, ambientales, económicas e industriales de la práctica de la ingeniería.
 6. Conciencia de los problemas económicos, organizativos y de gestión (como la gestión de proyectos, la gestión de riesgos y cambios) en el contexto industrial y empresarial.
- **Hacer juicios: El proceso de aprendizaje debería permitirles a los graduados demostrar:**
 1. Capacidad para recopilar e interpretar datos relevantes y manejar la complejidad dentro de su campo de estudio, para informar/reportar juicios que incluyan la reflexión sobre cuestiones sociales y éticas relevantes.
 2. Capacidad para gestionar actividades o proyectos técnicos o profesionales complejos en su campo de estudio, asumiendo la responsabilidad de la toma de decisiones.
 - **Comunicación y trabajo en equipo. El proceso de aprendizaje debería permitirles a los graduados demostrar:**
 1. Capacidad de comunicar efectivamente información, ideas, problemas y soluciones con la comunidad de ingeniería y la sociedad en general.

2. Capacidad de funcionar e interactuar efectivamente en un contexto nacional e internacional, como individuo y como miembro de un equipo y cooperar con ingenieros y no ingenieros.
- **El aprendizaje permanente. El proceso de aprendizaje debería permitirles a los graduados demostrar:**
1. Capacidad de reconocer la necesidad y participar en un aprendizaje independiente de por vida.
 2. Capacidad de seguir desarrollos en ciencia y tecnología.

Frente a esta certificación, los entes autorizados para emitirla y realizar el proceso de evaluación son:

- Fachakkreditierungsagentur für Studiengänge der Ingenieurwissenschaften, der Informatik, der Naturwissenschaften, und der Mathematik e.V. (ASIIN), de Alemania.
- Commission des Titres d'Ingénieur (CTI), de Francia.
- Engineering Council UK, del Reino Unido.
- Engineers Ireland, de Irlanda.
- Ordem dos Engenheiros, de Portugal.
- Association for Engineering Education in Russia (AEER), de Rusia.
- Association for Evaluation and Accreditation of Engineering Programmes (MÜDEK), de Turquía.
- The Romanian Agency for Quality Assurance in Higher Education (Aracis), de Rumania.
- Agenzia per la Certificazione di Qualità e l'Accreditamento EUR.
- ACE dei Corsi di Studio in Ingegneria (QUACING), de Italia.
- Accreditation Commission of Universities of Technology (KAUT), de Polonia.
- Organ für Akkreditierung und Qualitätssicherung der Schweizerischen Hochschulen (OAQ), de Suiza.

- National Agency for Quality Assessment and Accreditation of Spain, in conjunction with Instituto de la Ingeniería de España (ANECA), de España.
- Korkeakoulujen arviointineuvosto KKA (FINEEC), de Finlandia.
- Zväz Slovenských Vedeckotechnických Spoločností (ZSVTS), de la República Eslovaca.
- Kazakhstan Society for Engineering Education (KazSEE), de Kazajistán.

Fundamental Engineering⁶

El examen de fundamentos de ingeniería (FE) de los Estados Unidos es, generalmente, el primer paso en el proceso para convertirse en un ingeniero profesional con licencia (PE). Se encuentra diseñado para recién graduados y estudiantes que están cerca de terminar una licenciatura en ingeniería de un programa acreditado por EAC/ABET.

Para ingeniería Industrial, se evalúan para el año 2020, los siguientes conocimientos:

1. Mathematics

- a. Analytic geometry (e.g., areas, volumes).
- b. Calculus (e.g., derivatives, integrals, progressions, series).
- c. Linear algebra (e.g., matrix operations, vector analysis).

2. Engineering Sciences

- a. Thermodynamics and fluid mechanics.
- b. Statics, dynamics, and materials.
- c. Electricity and electrical circuits.

3. Ethics and Professional Practice

- a. Codes of ethics and licensure.
- b. Agreements and contracts.

⁶ <https://ncees.org/engineering/fe/>

- c. Professional, ethical, and legal responsibility.
 - d. Public protection and regulatory issues.
- 4. Engineering Economics**
- a. Discounted cash flows (e.g., nonannual compounding, time value of money)
 - b. Evaluation of alternatives (e.g., PW, EAC, FW, IRR, benefit-cost).
 - c. Cost analyses (e.g., fixed/variable, break-even, estimating, overhead, inflation, incremental, sunk, replacement).
 - d. Depreciation and taxes (e.g., MACRS, straight line, after-tax cash flow, recapture).
- 5. Probability and Statistics**
- a. Probabilities (e.g., permutations and combinations, sets, laws of probability).
 - b. Probability distributions and functions (e.g., types, statistics, central limit theorem, expected value, linear combinations).
 - c. Estimation, confidence intervals, and hypothesis testing (e.g., normal, t, chi-square, types of error, sample size).
 - d. Linear regression (e.g., parameter estimation, residual analysis, correlation)
 - e. Design of experiments (e.g., ANOVA, factorial designs).
- 6. Modeling and Quantitative Analysis**
- a. Data, logic development, and analytics (e.g., databases, flowcharts, algorithms, data science techniques).
 - b. Linear programming and optimization (e.g., formulation, solution, interpretation).
 - c. Stochastic models and simulation (e.g., queuing, Markov processes, inverse probability functions).
- 7. Engineering Management**
- a. Principles and tools (e.g., planning, organizing, motivational theory, organizational structure).

- b. Project management (e.g., WBS, scheduling, PERT, CPM, earned value, agile)
 - c. Performance measurement (e.g., KPIs, productivity, wage scales, balance scorecard, customer satisfaction).
 - d. Decision making and risk (e.g., uncertainty, utility, decision trees, financial risk).
- 8. Manufacturing, Service, and Other Production Systems**
- a. Manufacturing processes (e.g., machining, casting, welding, forming, dimensioning, new technologies).
 - b. Manufacturing and service systems (e.g., throughput, measurement, automation, line balancing, energy management).
 - c. Forecasting (e.g., moving average, exponential smoothing, tracking signals).
 - d. Planning and scheduling (e.g., inventory, aggregate planning, MRP, theory of constraints, sequencing).
 - e. Process improvements (e.g., lean systems, sustainability, value engineering).
- 9. Facilities and Supply Chain**
- a. Flow, layout, and location analysis (e.g., from/to charts, layout types, distance metrics).
 - b. Capacity analysis (e.g., number of machines and people, trade-offs, material handling).
 - c. Supply chain management and design (e.g., pooling, transportation, network design, single-level/multilevel distribution models).
- 10. Human Factors, Ergonomics, and Safety 8–12**
- a. Human factors (e.g., displays, controls, usability, cognitive engineering).
 - b. Safety and industrial hygiene (e.g., workplace hazards, safety programs, regulations, environmental hazards).
 - c. Ergonomics (e.g., biomechanics, cumulative trauma disorders, anthropometry, workplace design, macroergonomics).

11. Work Design

- a. Methods analysis (e.g., charting, workstation design, motion economy).
- b. Work measurement (e.g., time study, predetermined time systems, work sampling, standards).
- c. Learning curves.

12. Quality

- a. Quality management, planning, assurance, and systems (e.g., Six Sigma, QFD, TQM, house of quality, fishbone, Taguchi loss function).
- b. Quality control (e.g., control charts, process capability, sampling plans, OC curves, DOE).

13. Systems Engineering, Analysis, and Design

- a. Requirements analysis and system design.
- b. Functional analysis and configuration management.
- c. Risk management (e.g., FMEA, fault trees, uncertainty).
- d. Life-cycle engineering.
- e. Reliability engineering (e.g., MTTF, MTBR, availability, parallel and series failure).

3.4. Áreas de formación para Ingeniería Industrial

Como producto de los talleres de la Red de Programas de Ingeniería Industrial (REDIN), y de acuerdo con la revisión de referentes internacionales y nacionales, se sugiere incluir el área de investigación. De esta manera, se propone, después de la revisión del cuadro comparativo y los talleres realizados por REDIN, establecer las siguientes seis áreas macro para Ingeniería Industrial:

Tabla 6. Áreas macro para Ingeniería Industrial

| | |
|--|---|
| Ciencias básicas | Integrada por cursos de ciencias naturales y matemáticas apropiados para la disciplina. Están definidas como ciencias físicas, químicas y matemáticas. |
| Ciencias de ingeniería | Tienen sus bases en las matemáticas y las ciencias básicas, pero orientadas a la aplicación creativa y la práctica de la ingeniería. Incluye cursos que estudian las características y aplicaciones de las ciencias básicas para fundamentar el diseño de sistemas y mecanismos en la solución de problemas. |
| Ingeniería de diseño (procesos y sistemas organizacionales, productivos y logísticos) | Considerada como un proceso dirigido a un sistema, componentes o procesos, conociendo sus necesidades y optimizando los recursos. |
| Ciencias de gestión | Calidad, ambiental, SST, riesgos, proyectos; tecnológica, económico-administrativa. |
| Sociohumanística | Esta área forma un profesional con interés social, ético y cultural, con profundo respeto por las personas, su entorno y sus valores. |
| Económica, administrativa y financiera | En esta área se abordan conocimientos propios del ejercicio profesional, así como la formulación y evaluación de proyectos, planeación estratégica, gestión del talento humano, análisis e interpretación de información y múltiples herramientas para la toma de decisiones, entre otras |
| Investigación | Comprende los aspectos de investigación propios de cada institución de educación superior para garantizar la investigación propiamente dicha y la aplicada en los diversos espacios académicos. Aporta al desarrollo procesual de las habilidades, los conocimientos y las actitudes investigativas en cada nivel de formación. |

Fuente: Elaboración propia

3.5. Perfil del ingeniero industrial expresado en competencias

Zambrano y Alvarado (2011) mencionan que la formación profesional en Ingeniería Industrial ha venido evolucionando desde cuando Frederick Taylor, en su escrito "Principios de la administración científica", dejó sentados los referentes de lo que constituirían las bases de la disciplina, pasando por el estudio de métodos y tiempos, la aparición de la investigación de operaciones y la seguridad industrial, con las cuales toma forma una teoría concreta de la Ingeniería Industrial.

Así mismo, un estudio sobre la situación actual de la formación en Ingeniería Industrial en Colombia les sugiere a los programas “responder a los avances científicos, tecnológicos y culturales, así como definir el perfil mínimo para los programas de Ingeniería Industrial” (Díaz et al., 2013).

Existen diversos listados relacionados con las competencias de los ingenieros industriales.

- Tirado et al. (2007) proponen una clasificación de competencias globales, unidades de competencia y elementos de competencia del ingeniero industrial (anexo 3).
- Torres y Abud (2004) proponen, a partir del método del Sistema Integrado de Categorías Universales (SICU), 45 competencias específicas del ingeniero industrial (anexo 4).
- Por otra parte, el Consejo Social de la Universidad del País Vasco apoyó un estudio orientado a conocer las competencias consideradas claves, según la opinión de los agentes entrevistados, incluyendo los empleadores, que los ingenieros industriales recién graduados deberían tener cuando se incorporen al mundo laboral (figura 3) (Universidad del país Vasco, s.f.).



Figura 3. Competencias claves de los ingenieros industriales recién egresados

Fuente: Universidad del País Vasco (s.f., p. 50)

Estas competencias son conocidas como “blandas”. No incluyen competencias específicas de la Ingeniería Industrial, pero permiten tener presente que el buen desempeño del ingeniero industrial requiere que desarrolle estas competencias para facilitar el diseño, mejoramiento y optimización de los sistemas que interviene.

En el marco del Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2015, se realizó un taller sobre competencias del ingeniero industrial. Se recurrió a la lista de competencias de Torres y Abud (2004) para conocer las opiniones de los participantes en el taller del año (profesores, investigadores, directores y decanos de programas de Ingeniería Industrial en Colombia). La metodología permitió la exploración sobre las siguientes preguntas:

- ¿Cómo el programa de Ingeniería Industrial desarrolla competencias específicas para la investigación, la gestión de la información y el análisis de datos?
- ¿Cómo un programa de Ingeniería Industrial desarrolla competencias específicas para analizar, plantear y solucionar problemas reales en ingeniería?
- ¿Cómo un programa de Ingeniería Industrial desarrolla competencias específicas para diseñar sistemas y resolver necesidades?
- ¿Cuáles considera usted que son las competencias indispensables que identifican un programa de Ingeniería Industrial?
- ¿Qué conocimientos, habilidades y saberes debe fomentar el programa de ingeniería Industrial para desarrollar en sus estudiantes la competencia de comunicarse efectivamente?
- ¿Qué conocimientos, habilidades y saberes debe fomentar el programa de Ingeniería Industrial para desarrollar en sus estudiantes la competencia de relacionarse y trabajar en equipo?
- ¿Cómo un programa de Ingeniería Industrial desarrolla competencias específicas para fomentar el desarrollo propio y la mejora continua en sus estudiantes?

- ¿Cómo un programa de Ingeniería Industrial desarrolla competencias específicas en sus estudiantes para comprometerse con la ética y la responsabilidad profesional, legal, social y medioambiental?
- ¿Qué otras competencias específicas considera importantes para que el estudiante aprenda a valorar la diversidad social, artística y cultural?

Los resultados de la pregunta sobre “las competencias indispensables que identifican un programa de Ingeniería Industrial” se muestran a continuación:

- Planear, organizar, dirigir y controlar personal, procesos, proyectos, empresas.
- Aplicar conocimientos de producción.
- Aplicar conocimientos de logística.
- Aplicar conocimientos de calidad, ergonomía y seguridad industrial.
- Aplicar conocimientos de ingeniería económica.
- Aplicar conocimientos de materiales, componentes y sus aplicaciones.
- Asesorar, consultar, auditar y evaluar procesos, sistemas, empresas.
- Aplicar conocimientos de ciencias sociales y humanidades.
- Identificar, evaluar y controlar el riesgo en ingeniería.
- Aplicar conocimientos de leyes de ingeniería.
- Capacitar, educar, formar, enseñar.
- Aplicar conocimientos de *marketing* de productos.
- Dominar un área de especialidad.

Lo anterior muestra que, según los participantes, las competencias indispensables que identifican un programa de Ingeniería Industrial son:

- Planear, organizar, dirigir y controlar personal, procesos, proyectos, empresas.
- Aplicar conocimientos de producción.

- Aplicar conocimientos de logística.
- Aplicar conocimientos de calidad, ergonomía y seguridad industrial.
- Aplicar conocimientos de ingeniería económica.

Como respuesta a las demás preguntas realizadas en el taller, se considera importante tener en cuenta también las siguientes competencias en la formación del ingeniero industrial:

- Diseñar o desarrollar de modo interdisciplinar sistemas y productos complejos para resolver necesidades.
- Planear, organizar, dirigir y controlar personal, procesos, proyectos, empresas.
- Comunicarse de forma efectiva en varios idiomas, en forma oral, gráfica y por escrito.
- Liderar, dirigir personas, actividades, proyectos, empresas.
- Comprometerse con la autocrítica, autoevaluación y mejora.
- Comprometerse con la ética profesional, social y legal.
- Respetar la diversidad social, artística y cultural y fomentar la solidaridad.

Lo anterior permite considerar que el perfil del ingeniero industrial se orienta a diseñar o desarrollar de modo interdisciplinar sistemas y productos complejos para resolver necesidades, utilizando de manera sistemática conocimientos de producción, logística, gestión HSEQ, Health (salud), Safety (seguridad), Environmental (medioambiente), Quality (calidad), finanzas, administración y organizaciones. Los ingenieros industriales son los “médicos de las empresas” (Vargas, 2016) y, a la vez, gestionan los recursos de las organizaciones para elevar la eficiencia, la productividad y la competitividad.

En el marco de la Asamblea de ACOFI de marzo de 2019 se realizó una reunión de directores de Ingeniería Industrial a escala nacional en la que se generaron las siguientes preguntas relacionadas con las competencias que

deberían incluirse en las áreas curriculares de los programas de Ingeniería Industrial, mediante la metodología *world coffee*. El objetivo de la actividad fue identificar los aspectos mínimos generales que deben tenerse en cuenta en Colombia en relación con el perfil del ingeniero industrial.

- ¿Cuáles son las competencias del componente de ciencias básicas que debería tener un ingeniero industrial y por qué?
- ¿Cuáles son las competencias del componente de ciencias básicas de ingeniería que debería tener un ingeniero industrial y por qué?
- ¿Cuáles son las competencias del componente de ingeniería aplicada que debería tener un ingeniero industrial y por qué?
- ¿Cuáles son las competencias del componente sociohumanístico que debería tener un ingeniero industrial y por qué?

Los resultados se resumen a continuación:

Competencias del componente de ciencias básicas

En cuanto a esta pregunta, los participantes plantearon discusiones en relación con la necesidad de conservar este componente en los planes de estudios; no se centraron en la definición de competencias sino en la dinámica de las instituciones de educación superior dentro de esta área y resaltaron los siguientes puntos:

- Son necesarias para que los estudiantes aprendan a pensar; la mayoría de la toma de decisiones se basan en las matemáticas.
- Deben ser orientadas por ingenieros industriales, no por departamentos de ciencias básicas.
- Deben orientarse a las tendencias de asignaturas computacionales.
- Son parte fundamental de la competencia de abstracción que le permite al ingeniero aprender a modelar.
- Son la base para la formulación de proyectos.

- Le permiten al estudiante enfrentarse a problemas que requieren representación, interpretación y aplicación.

Competencias del componente de ciencias básicas de ingeniería:

En esta pregunta los participantes plantearon discusiones en cuanto a la necesidad de este componente en los planes de estudios. No se centraron en la definición de competencias del componente sino en las que se requieren por asignatura considerada dentro del mismo:

Tabla 7. Competencias del componente de ciencias básicas de ingeniería

| | |
|---|--|
| Dibujo en ingeniería | Capacidad de lectura y comunicación de las representaciones gráficas; interpretación de planos y distribución de planta; interpretación y reconocimiento de simbología de equipos y elementos y modelamiento y diseño de espacios. |
| Estadística, probabilidad y estadística y diseño de experimentos | Capacidad en el uso de herramientas estadísticas para el análisis e interpretación de datos y toma de decisiones. Establecimiento de modelos, procesamiento de datos para la toma de decisiones, uso e identificación de variables; entendimiento en el uso de datos; comprensión del mundo aleatorio; comportamiento de sistemas productivos para el análisis de control y diseño de experimentos para tomar decisiones. |
| Metrología | Capacidad para establecer la precisión requerida en los productos para el control de los procesos en diseño, producción y terminación de productos. Capacidad para el control de procesos en toda la ruta de producción. Determinación de criterios de uso, aplicación y selección de instrumentos de control de procesos. |
| Procesos industriales | Fundamentos de procesos industriales con el objetivo de conocer los fenómenos fisicoquímicos en un contexto real. |
| Ciencias de la computación | Pensamiento algorítmico para diseño de procesos y análisis de solución de problemas. Sistematización de procesos. Adquisición, tratamiento y organización de la información para el control y optimización del sistema. Lenguaje de biblioteca de datos para el desarrollo de aplicaciones para optimización de procesos con un <i>software</i> específico y obtención de los datos esperados. Análisis de datos, programación lineal para optimización de procesos. |

| | |
|--|---|
| Termodinámica / Procesos térmicos en la industria | Comprensión, aplicación y análisis de fenómenos de la energía y su incidencia en los procesos de producción. Comprensión de patrones de gestión de la energía; conocimiento de los fenómenos de transferencia de energía y sus propiedades para relacionarlos con diseño de procesos y productos. |
| Estática y resistencia de los materiales | Comprensión de los fenómenos para el diseño de productos y procesos. |

Fuente: Elaboración propia

Competencias del componente de ingeniería aplicada

En este espacio se tuvo la oportunidad de lograr un consenso en cuanto a las posibles competencias que se requieren dentro de esta área después de un trabajo con los participantes en el taller. Las competencias propuestas para el área son las siguientes:

- Capacidad para modelar sistemas, procesar datos para obtener información y analizarlos para la toma de decisiones bajo incertidumbre, múltiple criterios, opciones y objetivos.
- Capacidad para gestionar la organización para la competitividad global.
- Capacidad para innovar en sistemas, productos, procesos y servicios.
- Planear, diseñar y gestionar sistemas productivos y logísticos de manera efectiva.
- Capacidad para determinar y gestionar la relación mutuamente beneficiosa con las partes interesadas pertinentes con miras a incrementar los niveles de productividad.
- Capacidad para tomar decisiones bajo criterios financieros con sentido social.
- Capacidad para formular y gestionar proyectos enfocados en la productividad de las organizaciones.

Competencias del componente sociohumanístico

En este espacio se tuvo la oportunidad de llegar a un consenso de las posibles competencias que se requieren dentro de esta área, después de un trabajo con los participantes en el taller. Las competencias propuestas para el área son las siguientes:

- Capacidad para interpretar y proponer soluciones a los problemas sociales que tiene el entorno en el que el ingeniero industrial se encuentra inmerso.
- Capacidad para reconocer la historia profesional e industrial de su propia región para definir la identidad y la toma de decisiones en su entorno.
- Capacidad para identificar y solucionar necesidades y problemas en una sociedad en busca de desarrollo sostenible.
- Capacidad para comunicarse efectivamente en un mundo globalizado
- Capacidad para desarrollar soluciones prácticas en el entorno que nos permitan desarrollar los valores sociohumanísticos.
- Promover el crecimiento económico y social de las organizaciones en un marco de desarrollo sostenible, con capacidad para generar empresa y adaptarse culturalmente para desarrollar negocios.
- Capacidad de formular, evaluar y ejecutar proyectos, trabajando en equipo de un modo efectiva y utilizando los recursos de manera eficiente.
- Gestionar sistemas empresariales de manera holística, orientada hacia la optimización de todos los recursos.
- Reconocer la responsabilidad ética, social y profesional en los entornos empresariales y personales, y en el uso de recursos.

Consolidado de competencia de un ingeniero industrial

Como consolidado final de este trabajo se presentan a continuación nueve competencias que constituyen el perfil del ingeniero industrial como referente nacional, las cuales fueron definidas por los participantes del Capítulo de Ingeniería Industrial de ACOFI a escala nacional.

1. Gestiona y aporta soluciones a problemas asociados con sistemas de producción de bienes, servicios y sistemas logísticos.
2. Estudia de manera sistémica y crítica problemas organizacionales y define e implementa soluciones a partir de métodos cualitativos y cuantitativos, a través de procedimientos innovadores, en diferentes contextos.
3. Toma decisiones producto del diseño, desarrollo e integración para resolver problemas considerando lo inter y transdisciplinar en sistemas organizacionales.
4. Planea, organiza y gestiona el talento humano, procesos, proyectos y organizaciones, desde una perspectiva sistémica.
5. Identifica, formula y resuelve problemas complejos aplicando conocimientos en ciencias básicas, ciencias básicas de ingeniería e ingeniería aplicada, para diseñar sistemas propios de la Ingeniería Industrial.
6. Toma decisiones como ciudadano y como profesional, reconociendo y respetando la diversidad social, artística, ambiental, étnica y cultural.
7. Comprende la responsabilidad ética, social y profesional de las decisiones que toma como ingeniero industrial en los entornos empresariales y personales, y a partir del uso de recursos.
8. Se comunica efectivamente de forma escrita y verbal en diferentes contextos sociales.
9. Aplica el diseño de ingeniería para obtener soluciones que satisfagan las necesidades, teniendo en cuenta los criterios de salud y seguridad en el trabajo y el bienestar, así como los factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.

Finalmente, es posible afirmar que el ingeniero industrial diseña, construye y lidera sistemas productivos, logísticos y de gestión, resolviendo problemas relacionados con la producción de bienes y servicios de manera sistémica y responsable con el medioambiente y la sociedad.

Se considera que las nueve competencias descritas anteriormente se alinean con las exigencias del Decreto 1330 de 2019, y deberán tenerse en cuenta como resultados de aprendizajes mínimos para un ingeniero industrial.

3.6. Diagnóstico de fortalezas y debilidades según categorías de la formación actual de los ingenieros industriales

Teniendo en cuenta las habilidades, conocimientos y competencias que debe desarrollar un ingeniero industrial dentro de su proceso formativo, se consideró la categorización establecida en el documento ACOFI (2013), “Situación actual de la formación de la Ingeniería Industrial en Colombia” y, con base en ella, se identificaron los aspectos relevantes relacionados con el contenido curricular y con los procesos de enseñanza-aprendizaje en el estado actual de dicha formación.

A continuación, a manera de diagnóstico se presenta de forma general la categorización en mención junto con sus fortalezas y debilidades:

3.6.1. Conocimientos – Competencias teóricas (saberes)

Contiene las siguientes subcategorías: Ciencias básicas; Ciencias sociales; Ciencias administrativas; Conocimientos científico–tecnológicos.

Tabla 8. Fortalezas y debilidades asociadas a la categoría de conocimientos – competencias teóricas (saberes)

| Fortalezas | Debilidades |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Bases sólidas en los procesos formativos relacionados con el área de ciencias básicas, especialmente en matemáticas y física. • Aumento en la adaptabilidad de los programas de Ingeniería Industrial en cuanto a habilidades científico–tecnológicas que deben desarrollar los estudiantes. | <ul style="list-style-type: none"> • Enfoque deficiente en áreas relacionadas con la química y biología teniendo en cuenta el desarrollo actual de éstas. • Falta establecer una relación específica y cercana entre las ciencias básicas y su aplicabilidad en Ingeniería Industrial. • Establecer estrategias pedagógicas que permitan comprender la aplicabilidad de las ciencias básicas en la Ingeniería Industrial. |

| Fortalezas | Debilidades |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Formación en ciencias administrativas que permite establecer el enlace entre las disciplinas relacionadas con la ingeniería y la administración y las finanzas. | <ul style="list-style-type: none"> • Falta una definición completa de las ciencias sociales dentro del proceso formativo de Ingeniería Industrial. • Se necesita una contextualización del medio en el cual se está formando el estudiante, incluyendo la parte social, empresarial, tecnológica y cultural de las regiones del país. • Falta la contextualización y aplicación de las ciencias humanas dentro de la formación del ingeniero industrial. |

Fuente: Elaboración propia

3.6.2. Metodologías – Competencias prácticas (el dominio de las técnicas)

Contiene las siguientes subcategorías: Modelación y optimización; Diseño de sistemas; Gestión de sistemas; Trabajo en proyectos; Administración de procesos; Competencias complementarias (emprendimiento, aprendizaje continuo, trabajo interdisciplinario, integración de recursos, mejoramiento continuo).

Tabla 9. Fortalezas y debilidades asociadas a la categoría Metodologías - competencias prácticas (el dominio de las técnicas)

| Fortalezas | Debilidades |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Orientación fuerte a modelos matemáticos y técnicas basadas en métodos cuantitativos para la toma de decisiones de problemas propios de la Ingeniería Industrial. • Realización de trabajos prácticos, así como de prácticas profesionales. • Enfoque fuerte dirigido a temas relacionados con emprendimiento con respecto a otras ingenierías. • Apertura y avance en nuevas metodologías de enseñanza relacionadas con aprendizaje activo por parte del estudiante. • En Colombia, la gran mayoría de programas de ingeniería Industrial incluyen en sus planes de estudio la formación en gestión de sistemas. | <ul style="list-style-type: none"> • Falta enfocar esfuerzos para desarrollar habilidades de diseño en los futuros profesionales de Ingeniería Industrial. • Desarticulación entre las asignaturas que forman parte del plan curricular de Ingeniería Industrial. • Desarrollo de estrategias pedagógicas que permitan la participación de estudiantes de varias disciplinas para el desarrollo de habilidades de integración y trabajo en equipo. |

Fuente: Elaboración propia

3.6.3. *Axiología de la actuación – competencias comportamentales (aptitudes personales y sociales)*

Comprende las siguientes subcategorías: Liderazgo; Compromiso ético; Compromiso con la responsabilidad social (desarrollo sostenible, medioambiente, calidad de vida); Sensibilidad humana; Pensamiento crítico y creativo (actitudes para innovar, decidir, investigar, ser empresario); Habilidades de comunicación.

Tabla 10. Fortalezas y debilidades asociadas a la categoría Axiología de la actuación – competencias comportamentales (aptitudes personales y sociales)

| Fortalezas | Debilidades |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo y reconocimiento que las universidades han establecido en la formación en responsabilidad social, aun cuando todavía se tiene mucho camino por recorrer. • Aumento en las habilidades investigativas en las asignaturas del plan curricular, así como desarrollo en trabajos de grado. • Reconocimiento de la importancia de los temas medioambientales dentro de los programas de Ingeniería Industrial; sin embargo, debe haber una apropiación más específica dentro de los planes curriculares | <ul style="list-style-type: none"> • Falta reforzar el pensamiento innovador y creativo dentro del proceso de formación a través de actividades teórico-prácticas. • No hay procesos de enseñanza–aprendizaje encaminados propiamente al desarrollo de liderazgo en los estudiantes. • Faltan espacios académicos donde se pueda desarrollar un mayor compromiso ético y formación en esta área. • Fomento y desarrollo de habilidades en comunicación y escritura en proceso de formación del estudiante. • Falta transversalidad en cuanto al desarrollo de habilidades relacionadas con la gestión humana en asignaturas de formación específica. • Poco desarrollo del pensamiento crítico debido a la deficiencia en análisis e interpretación de resultados por parte de los estudiantes. |

Fuente: Elaboración propia

3.6.4. *Escenarios de aplicación (escenarios ocupacionales)*

Contiene las siguientes subcategorías: Sistemas productivos; Sistemas logísticos; Sistemas organizacionales; Producción de bienes; Producción de servicios; Otros escenarios (escenarios globales, sistemas complejos).

Tabla 11. Fortalezas y debilidades asociadas a la categoría Escenarios de aplicación – competencias comportamentales (aptitudes personales y sociales)

| Fortalezas | Debilidades |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Enfoque y formación orientada a sistemas productivos abarcando áreas de producción y servicios. • Se han presentado esfuerzos significativos en la introducción de la logística como un campo integrado dentro de los programas curriculares. • Los programas involucran en gran medida los elementos de competitividad y calidad como elementos fundamentales dentro de la formación del ingeniero industrial. • Los programas han habilitado espacios pertinentes para desarrollar habilidades en el uso de sistemas organizacionales. | <ul style="list-style-type: none"> • Falta fortalecer áreas relacionadas con el estudio del trabajo y la ergonomía con el propósito de desarrollar habilidades en diseño de puestos de trabajo y diseño de procesos. • Se necesita articular las experiencias profesionales y de extensión de los docentes a las asignaturas relacionadas con aspectos de aplicación. • Falta establecer más espacios de aplicación relacionados con gestión de sistemas integrados, pues si bien actualmente existen, se requiere fortalecer esta área. |

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, dentro de los procesos específicos de enseñanza–aprendizaje, se identificaron los siguientes aspectos:

- Debe existir un análisis previo a la utilización de herramientas tecnológicas, tales como modelamiento y simulación, en la medida en que, si bien éstas facilitan la aplicación de herramientas de ingeniería, es fundamental que se presente un análisis previo para el desarrollo e interpretación de los resultados obtenidos por dichas herramientas.
- Deben enfocarse esfuerzos en la enseñanza de herramientas de programación y herramientas digitales aplicadas a la industria (trabajo empresarial) que comprendan el uso de las TIC en la pequeña y mediana empresa, contextualizada en la realidad del país y donde se vaya a ejercer la profesión.
- Adaptación oportuna y eficiente a la normativa vigente en la realidad del país, en áreas tales como seguridad y salud en el trabajo, calidad y medioambiente.
- Contextualización de las electivas respecto de la realidad del país.

- Primar esfuerzos para el desarrollo y fortalecimiento de la creatividad e innovación, y el liderazgo sistémico (incluyendo habilidades de comunicación, persuasión, negociación, trabajo en equipo, entre otras, para un impacto holístico en las organizaciones y en la sociedad) que sean desarrollados de forma transversal.
- Garantizar la calidad en el proceso formativo impartido, a través de las estrategias de enseñanza–aprendizaje que sean adecuadas al contexto en el que se desarrolle el programa.
- Promover espacios para análisis reflexivo del impacto ético y social del ejercicio profesional.

Por otra parte, de acuerdo con el documento elaborado en el marco de participación del Capítulo de Ingeniería Industrial en ACOFI 2016, “Las Pruebas Saber Pro: Una mirada desde los directores de programas de Ingeniería Industrial en Bogotá” se lograron identificar algunos aspectos curriculares que toman gran relevancia:

- Los planes curriculares de los programas de Ingeniería Industrial en Colombia deben responder a los avances científicos, tecnológicos y culturales del contexto en el que se desarrollan. De manera complementaria, se identificó que se debe trabajar en habilidades de diseño y pensamiento creativo para cumplir con este propósito.
- De acuerdo con la distribución porcentual de créditos académicos por áreas de conocimiento, la mayor concentración se encuentra en áreas de producción y operaciones, seguidas por electivas e ingeniería económica y financiera, dejando logística y gestión tecnológica e innovación en los últimos lugares.
- Contradictoriamente, de acuerdo con los perfiles profesionales expuestos por las instituciones de educación superior que participaron en el estudio, el 33 % expresa en sus perfiles el desarrollo de habilidades en gestión HSEQ, aspecto que se debe fortalecer en el plan curricular, según los escenarios de aplicación ocupacionales.
- Dentro de los cambios sugeridos para la Prueba Saber Pro, se propone contextualizarla según la región y la industria, lo cual es consistente

con las recomendaciones realizadas previamente, en las cuales se hace énfasis en la enseñanza atada a la realidad del país.

- Respecto de la forma de medir la calidad en la formación de los ingenieros industriales, se sugiere evaluar el desempeño y competencia de los egresados en el ámbito laboral, lo cual resalta la relación que debería existir entre el proceso formativo y el sector empresarial, fortaleciendo así las competencias relacionadas con la práctica profesional e incluso con el desarrollo de proyectos académicos dentro del sector empresarial.

3.7. Flexibilidad del currículo

Hay un incremento en los índices de flexibilidad del currículo en comparación con la rigidez identificada como una de las debilidades descritas en el documento de actualización curricular para Ingeniería Industrial (ACOFI, 1996). El interés en la aplicación de este atributo en los procesos de diseño curricular se ha incluido en los lineamientos y normas para la creación y funcionamiento de programas de educación superior en Colombia. La evidencia de ello es, por ejemplo, que los programas de formación de educación superior deberán garantizar una formación integral que le permita al egresado desempeñarse en diferentes escenarios, con el nivel de competencias propio de cada campo. En el mismo sentido, se plantean como aspectos de la evaluación curricular el componente de interdisciplinariedad del programa y las estrategias de flexibilización para desarrollarlo.

Pese a ello, en Colombia aún se encuentran menores niveles de flexibilidad en Ingeniería Industrial en comparación con programas de otros campos de conocimiento. A partir de la revisión de la distribución de los créditos académicos de los planes de estudios de Ingeniería Industrial de Bogotá, se encontró que el 31 % de los créditos del programa están enfocados en producción y operaciones; 14 % en ingeniería económica y finanzas; 9 % en gestión HSEQ (calidad, ambiental, seguridad industrial y salud ocupacional) y RSE; 9 % en administración y organizaciones; 6 % en gestión del talento humano; 5 % en logística; 4 % en uso de la información;

3 % en gestión tecnológica e innovación, y 20 % en otro tipo de electivas y contenidos (Rivera et al., 2016).

En este contexto, desde ACOFI se orienta a mantenerse en los siguientes planteamientos frente a la flexibilidad curricular en los programas de Ingeniería Industrial:

- El currículo debe ser lo suficientemente flexible para mantenerse actualizado y pertinente, sin que necesariamente deban darse procesos tan complejos como la aplicación de una nueva reforma curricular.
- Un currículo flexible le debe permitir al estudiante transitar por el programa y la institución a partir de la toma de sus propios intereses, necesidades y contexto personal, dentro de un rango que oriente y facilite su proceso de aprendizaje (CNA, 2013).
- De acuerdo con el contexto competitivo y productivo de la economía del país, un currículo flexible debe priorizar el desarrollo de habilidades y capacidades profesionales para que el ingeniero industrial pueda tener una visión general con perspectiva sistémica, e igualmente pueda tomar espacios de especialización o profundización en alguna de las áreas y los campos propios de la Ingeniería Industrial que sean de interés del estudiante.
- Un currículo integrado debe incluir experiencias de aprendizaje que conduzcan a la adquisición de habilidades personales e interpersonales en los procesos conducentes a la construcción de productos tecnológicos (productos, procesos y sistemas), de forma concurrente con el aprendizaje y aplicación de los conocimientos disciplinares que sustentan dichos productos tecnológicos (CDIOTM, 2013).

3.8. Mediaciones tecnológicas en los programas de Ingeniería Industrial

Para empezar, es importante analizar las macrotendencias presentadas durante el informe "EDUCAUSE Horizon Report Teaching and Learning Edition" (Horizon Report, 2020), que señala valiosas tendencias en la educación superior en dimensiones tales como equidad e inclusión,

resultados de aprendizaje, riesgos, receptividad de la facultad y costos. En este documento se hace un análisis en el que se establecen cinco categorías:

1. Social: Bienestar, cambios democráticos, equidad y prácticas rectas e íntegras.
2. Tecnológica: Inteligencia artificial, aprendizaje digital de la siguiente generación, analítica y asuntos de privacidad.
3. Económica: Costo de la educación superior, el futuro del trabajo y de las habilidades, y cambio climático.
4. Educación superior: Cambios en la población estudiantil, rutas alternativas en la educación y educación en línea.
5. Políticas: Disminución en la financiación de la educación superior, valor de la educación superior y polarización política.
6. Las experiencias pedagógicas en los escenarios de educación superior a escala global están representadas por tres tendencias tecnológicas (tabla 7).

Tabla 12. Tendencias tecnológicas Globales (2020)

| Tendencia | Impacto | Evidencia |
|---|--|---|
| Inteligencia artificial | La inteligencia artificial (IA) ya se está utilizando como parte de los servicios educativos y del diseño curricular. Cada vez será más utilizado por instructores humanos con el fin de proporcionar retroalimentación sobre el trabajo de los estudiantes. | Amazon ha presentado Alexa Education API, un distrito escolar público de Carolina del Norte que está utilizando Microsoft Translator para mejorar las opciones de idioma para padres y estudiantes. |
| Entorno digital de aprendizaje de nueva generación | El entorno de aprendizaje digital de nueva generación (NGDLE) está creando un cambio transformador en las instituciones con sus ecosistemas de aprendizaje para estudiantes e instructores. Las instituciones requieren cada vez más el apoyo de estándares | Utilización del IMS Global LTI, <i>Learning Tools Interoperability</i> (LTI), estándar abierto que se está generalizando. La Universidad de Wisconsin ha adoptado el programa Blackboard Collaborate Ultra como su arquitectura |

| Tendencia | Impacto | Evidencia |
|-------------------------------------|---|---|
| | <p>abiertos en aplicaciones de tecnología educativa, que les permiten a las instituciones ofrecer una experiencia de aprendizaje más flexible a más estudiantes, sincrónica y asincrónicamente. La agilidad que proporciona una arquitectura de este tipo puede brindarles a los estudiantes y a los instructores por igual la oportunidad de “pensar fuera de la caja” y reconceptualizar sus enfoques de la educación.</p> | <p>de aprendizaje total (TLA) en colaboración con el LMS Canvas.</p> |
| <p>Análisis y privacidad</p> | <p>Las instituciones de enseñanza superior siguen invirtiendo miles de millones de dólares en capacidades analíticas. Resguardar la privacidad de los estudiantes se convertirá cada vez más en una consideración importante. Las instituciones tendrán que ser más proactivas en la protección de los datos de los estudiantes y empleados y deben tomar decisiones cuidadosas en torno a las asociaciones y al intercambio de datos, proveedores y gobiernos. Las relaciones institucionales con tecnologías como Facebook y Google deberían reflejar una mayor preferencia cultural y la tolerancia a la privacidad.</p> | <p>La Unión Europea implementó el Reglamento de Protección de Datos (GDPR) en 2018. China está lanzando un sistema de “crédito social”. Google estima que su Google Apps for Education (GAPE) alcanzará los 110 millones usuarios en el 2020.</p> |

Fuente: Brown M, McCormack M, Reeves J, D (2020)

El aspecto por considerar en este espacio será el enfoque tecnológico. Para Batista (2020), las tecnologías pueden servir como una oportunidad de manera estratégica, para repensar los cursos y los planes de estudios en su totalidad. En cuanto a tecnologías emergentes y prácticas para el aprendizaje y la enseñanza superior a escala global, se agruparon en seis categorías, producto de la cuarta revolución industrial:

1. Aprendizaje adaptativo

Es una forma de aprendizaje personalizado en el que las tecnologías adaptativas cumplen un papel importante. Como tecnología adaptativa se entienden aquellos “recursos para superar las barreras de acceso a las tecnologías digitales que producen un impacto positivo en la mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidad” (Zappala, Koppel, Suchodolski & Ambrogetti, 2010). El aprendizaje adaptativo se apoya en herramientas informáticas que permiten modificar los contenidos según el desempeño del alumno, usando la analítica del aprendizaje. Ejemplo de ello es la Universidad de Florida Central que rediseñó el curso de lengua y civilización españolas elementales con cursos con aprendizaje adaptativo y *open educational resources* (OER). Es posible citar como ejemplos de OER, Bookboon, Flexbooks y Khan Academy, entre otros.

2. Inteligencia artificial y aprendizaje inteligente (*machine learning*)

Elana Zeide definió inteligencia artificial (IA) como “el intento de crear máquinas que puedan hacer cosas que antes sólo eran posibles a través de la cognición humana”. Una revisión de Educause, escrito por Heath Yates y Craig Chamberlain describió el aprendizaje automático (ML) como “enseñar a las máquinas a aprender sobre algo sin programación explícita”. Mientras que el ML se basa en la idea de que las máquinas son capaces de aprender y adaptarse a través de procesos repetitivos, la IA se refiere a la noción más amplia de que las máquinas pueden ejecutar tareas de forma inteligente. Una de las muchas tecnologías que los colegios y universidades están aprovechando es un chatbot automatizado de servicios. La Universidad de Northwestern y la Universidad de Oklahoma (OU) han desarrollado chatbots basados en la IA que les permiten extender el apoyo a los estudiantes fuera del horario de trabajo y servicios de reclutamiento. La ONU comenzó a experimentar con la IA creando a Alexa, que tiene la habilidad de responder preguntas comunes sobre biblioteca durante las horas de descanso. La Universidad Griffith, de Australia, desarrolló a Sam, un chatbot de IA que puede ser usado por los estudiantes para todo tipo de preguntas y apoyo. Usando las últimas tecnologías, el sistema

puede autoaprender los tipos de términos de búsqueda que utilizan comúnmente por los estudiantes.

La Universidad Estatal de Texas ha desarrollado un proceso de subtítulo automático y ha creado transcripciones para videos usando inteligencia artificial. Este servicio aprovecha la tecnología basada en la nube de voz a texto como Watson, Azure y AWS.

3. Analítica del aprendizaje para el éxito del estudiante

La disponibilidad de herramientas que miden, recogen, analizan y reportan datos sobre el progreso de los estudiantes se eleva al campo de la analítica de aprendizaje para el éxito de los estudiantes. Los datos fundamentales utilizados para el análisis de aprendizaje incluyen los relacionados con el curso, puntuaciones de evaluación recogidas del sistema de gestión del aprendizaje (SGA), y datos a escala institucional que residen en los sistemas de información de los estudiantes, sistemas financieros y unidades institucionales de investigación. Como ejemplo, el proyecto Berkeley Online Advising de la Universidad de California en Berkeley, con herramientas analíticas de aprendizaje diseñadas para asesores académicos. Estas herramientas les proporcionan a los asesores información que permita la divulgación con intervención proactiva cuando los resultados son críticos de los estudiantes. Un sistema de predicción como LMS es *Blackboard predict*, usado por la Universidad de Maryland para mejorar la capacidad para apoyar a los estudiantes a través de la tutoría o el asesoramiento.

4. Importancia del diseño de aprendizaje, ingeniería del aprendizaje y diseño UX en la pedagogía

El campo del diseño de aprendizaje sigue evolucionando, influenciado no sólo por el crecimiento continuo en la impartición de cursos en línea, sino también por el aumento en el número de profesores que adoptan entornos de aprendizaje centrados en el estudiante, ya sea en el campus o en línea. En los últimos años, el diseño instruccional ha desempeñado un papel en la empresa que ha experimentado un crecimiento y un reconocimiento profesional más allá del diseño de

cursos estándar. Ejemplo de ello es la Universidad Carnegie Mellon, donde el OpenSimon Toolkit está haciendo que las herramientas de aprendizaje de ingeniería disponible sean accesibles para todos. Su objetivo final es “mejorar los resultados del aprendizaje de los alumnos en el nivel individual, mientras que colectivamente se avanza en una mayor comprensión del aprendizaje humano”. El C-ALT de la Universidad Estatal de Colorado está entregando análisis de aprendizaje de una nueva manera. Con la herramienta U-Behavior ofrece un aprendizaje de forma visual y analítica a los estudiantes como formación de estrategia de evaluación. Esta estrategia de evaluación centrada en el estudiante lo ayuda a reflexionar sobre su modo de estudiar, sus comportamientos y cómo hacer cambios para mejorar y aprender. En la Universidad de Waterloo, el CEL promueve y comparte el Panal UXDL (User Experience Design for Learning), que es un modelo para el diseño de experiencias de aprendizaje en el que ponen a los estudiantes en el centro del proceso de diseño, asegurando que sus cursos sean útiles, deseables, accesibles, creíbles e intuitivos.

5. Recursos educativos abiertos

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) define los recursos educativos abiertos (REA) como una variedad de materiales diseñados para la enseñanza y el aprendizaje, que están disponibles abiertamente para el uso de los profesores y estudiantes y desprovistos de compra, licencia u honorarios de las regalías. En los Estados Unidos, el impulso de la OER está aumentando en casi todos los tipos y tamaños de instituciones, desde colegios comunitarios y universidades públicas hasta privados de élite. Los consorcios multiinstitucionales, como el Consorcio de Colegios Comunitarios de Recursos Educativos (CCCOER) están impulsando la adopción de OER en parte debido a la educación del profesorado. El Mason OER Metafinder (MOM) lanza un sistema de búsqueda simultánea y en tiempo real entre 21 fuentes de información abierta y educativa de materiales, con muchas más fuentes disponibles que la mayoría de los otros rastreadores. Esto proporciona en tiempo real resultados de búsqueda que pueden actualizarse dinámicamente.

De igual manera, gran variedad de programas cuenta con cursos y material OER. Disponible en <https://www.oercommons.org/>.

6. Tecnología XR (AR/VR/MR/háptica)

La realidad extendida (XR) es un término amplio para los entornos de aprendizaje que buscan mezclar lo físico con lo virtual o proporcionar una inmersión total en lo virtual. Las dos tecnologías más comunes son la realidad aumentada (AR) y la realidad virtual (VR). Las instituciones están estableciendo cada vez más laboratorios y centros para enfocar el potencial de la tecnología XR para la enseñanza y el aprendizaje. Ejemplos de la convocatoria de propuestas incluyen el Immersive Experiences Lab, el Laboratorio de Experiencias de la Universidad de Georgia, Laboratorios de Realidad X en la educación de la ingeniería, el programa GIMM de la Universidad Estatal de Boise, y las experiencias de datos del Dartmouth College y Estudio de Visualizaciones.

Lo anterior permite concluir que los procesos de enseñanza-aprendizaje están siendo mediados por tecnologías emergentes que involucran el aprendizaje adaptativo y tiene en cuenta las limitaciones para cada persona que se encuentra en el medio educativo haciendo una educación más inclusiva. Por otra parte, la inteligencia artificial y el aprendizaje inteligente son dos herramientas fundamentales para dar respuesta a los interrogantes de los estudiantes en espacios sincrónicos y asincrónicos. Los chatbox, las máquinas virtuales, se están empezando a utilizar para dar acompañamiento y respuesta a los estudiantes como soporte a procesos administrativos y de aprendizaje. La analítica del aprendizaje es otra disciplina que busca, mediante indicadores de gestión y seguimiento, realizar el proceso de trazabilidad del estudiante durante su formación y generar alertas tempranas que sirvan para los procesos de mejora y acompañamiento tutorial. El diseño de aprendizaje como el de ingeniería ha ingresado como dos filosofías de trabajo, donde las universidades están utilizando espacios de trabajo colaborativo con cursos interactivos que facilitan el aprendizaje, mediados por objetos virtuales de aprendizaje (OVA), sistemas de gestión del aprendizaje (LMS).

4. ESTRUCTURA INVESTIGATIVA

Las instituciones de educación superior en Colombia requieren un carácter más formal y riguroso de la investigación, con el propósito de contribuir con la producción de nuevo conocimiento, mejorar las tecnologías e innovar en materia de productos y servicios que garanticen sostenibilidad y sustentabilidad en el país.

Por lo anterior, es necesario fortalecer estrategias administrativas para fomentar la investigación, tales como centros de investigación y desarrollo tecnológico, grupos y semilleros de investigación, formación de los investigadores, movilidad nacional e internacional, gestión y transferencia del conocimiento, desarrollo de productos tecnológicos, divulgación y publicaciones científicas. Estos aspectos deben estar articulados en la relación Universidad-Empresa-Estado, en la búsqueda de mayores impactos favorables para el país.

Para definir la estructura que facilite los procesos de investigación, las universidades consideran fundamentales los siguientes aspectos para este proceso:

- Énfasis en investigación y desarrollo
- Sistemas de innovación
- Inversión en ciencia y tecnología
- Consecución de recursos externos

Lo anterior requiere:

- Un alto nivel de los equipos humanos.
- Dedicación de gran tiempo a la investigación, el desarrollo y la innovación.
- Divulgación del conocimiento en medios científicos, tales como artículos en revistas de alto estándar.

- Contar con laboratorios, institutos o centros de investigación para compilar y validar los resultados de investigación

Análisis de la investigación en Ingeniería Industrial en Colombia

Para llegar a la propuesta de estructura es necesario realizar un análisis de la investigación que se ha llevado a cabo en Ingeniería Industrial en Colombia. Para esto, se hace referencia al fascículo ACOFI 2013, denominado “Estado actual de la investigación de Ingeniería Industrial en las instituciones de educación superior de Bogotá”, en el que se hizo una exploración de los grupos de investigación de esta disciplina para validar qué se ha concretado frente al tema:

En Colombia existen aproximadamente 103 grupos de investigación de los programas de Ingeniería Industrial de diversas instituciones de educación superior registrados en la plataforma del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, que desarrollan proyectos relacionados con la disciplina, enfocados en las necesidades y soluciones que el país requiere.

La antigüedad de los grupos de investigación en promedio es de 10,8 años; se identifica una mayor fortaleza en aquellos con más trayectoria, lo cual indica una continuidad en los grupos de investigación que les genera gran madurez y procesos de investigación consolidados. Se destaca también que es muy reciente el inicio de la investigación en este programa profesional.

Con respecto a la categorización en Minciencias, se identifica que los grupos de investigación que se encuentran en las categorías más altas, es decir A1 y A, representan tan sólo el 7 y el 8 %, respectivamente. La mayoría de los grupos de investigación se encuentran en el nivel más bajo, es decir D, con un porcentaje del 31 %, seguidos de las categorías C y B, lo que evidencia que los grupos deben aumentar su producción científica para tener más trascendencia y visibilidad.

Las áreas de conocimiento más representativas se definen según líneas de investigación que evidencian los siguientes porcentajes de representación:

- Producción y operaciones (24 %)
- Logística (18 %)
- Gestión de calidad (12 %)
- Gerencia empresarial (11 %)

Por último, dentro del resultado del fascículo se evidencian los resultados de la encuesta aplicada a directores de programas de Ingeniería Industrial frente a la investigación que tenía como fin obtener información y determinar la capacidad investigativa, de lo cual se logró el 71 % de aceptabilidad.

Entre los factores más destacados que se evaluaron, se encuentran:

- Existencia de políticas de investigación. El 79 % de las instituciones tienen políticas de investigación, lo que aduce la importancia que tiene para las instituciones este tema. Sin embargo, se deben definir e implementar estrategias orientadas a cumplir estas políticas.
- Asignación del responsable de investigación. El 67 % cuenta con un cargo responsable del proceso de investigación; sin embargo, la dedicación no es exclusiva para este tipo de actividades, sino que se comparten responsabilidades.
- Convocatorias internas y tipos. El 92 % participa en convocatorias internas de la institución, lo cual indica una correlación entre la existencia de políticas de investigación y participación en convocatorias internas con asignación presupuestal.
- Participación en convocatorias externas. El 50 % de los programas participan en este tipo de convocatorias; las de mayor demanda son las de Minciencias, ONG y entidades de educación superior.
- Fuentes de financiación. El 75 % reporta que cuentan con financiación interna para desarrollar proyectos de investigación.
- Medios de divulgación de la investigación. El 87,5 % cuenta con medios para divulgar la información. Los más comunes son revistas de investigación de la facultad, seminarios, conferencias y boletines.

- Vinculación con redes de investigación. El 42 % está vinculado, lo que permite fortalecer la gestión de los grupos y de los investigadores, compartir conocimiento, recursos y experiencias que hacen más fuerte y nutrida la producción intelectual.
- Factores de éxito para el desarrollo de proyectos de investigación. El 96 % considera que dentro de los factores más importantes se encuentran el apoyo financiero, el tiempo asignado a los investigadores, la disponibilidad de infraestructura propia y el número de investigadores.
- Líneas de investigación más destacadas:
 - a. Logística
 - b. Operaciones
 - c. Desarrollo Organizacional
 - d. Producción
- Tipo de productos generados por los grupos de investigación. Los productos con mayor participación entre los grupos son: trabajos de grado, artículos de investigación, capítulos de investigación y apoyo a los programas de investigación.

5. RELACIÓN CON EL SECTOR EXTERNO

La relación con el sector externo como una de las funciones sustantivas de la educación superior en Colombia, se categoriza en tres grandes secciones: el entorno local, el entorno nacional y el entorno internacional. Cada programa de Ingeniería Industrial debe definir, mantener y evaluar políticas, procedimientos y acciones encaminadas a promover vínculos con entornos sociales, culturales económicos, tecnológicos y productivos, buscando influenciarlos de manera positiva. Estos, a su vez, retroalimentan la acción propia del programa, su desarrollo, actualización y prospectiva.

La relación con el sector externo se puede denominar “proyección social y extensión”. En ella se contemplan “estrategias que contribuyan a la formación de desarrollo en el estudiante de un compromiso social” para el estudio y la solución de problemáticas del entorno.

El adecuado análisis de las condiciones propias del contexto, la continua evaluación de proyectos en comunidad y el análisis estructural de incidencia de las acciones del programa de Ingeniería Industrial son relevantes para materializar la adecuada relación con todas las partes involucradas.

Para el cumplimiento de esta función sustantiva, es recomendable que el programa de Ingeniería Industrial incorpore estrategias como:

La determinación de aspectos pertinentes con su propósito y el direccionamiento institucional. Dentro de estos, se deben incluir factores positivos y negativos o aquellos que sean relevantes para el cumplimiento de su misión.

- La definición del alcance de las acciones en el sector externo que se desee influenciar.
- La identificación de las partes interesadas, como empresarios públicos y privados, líderes comunitarios, asociaciones, gremios, etc., que sean pertinentes para el programa, identificando sus necesidades, problemáticas y aquellos aspectos propios del contexto.
- El establecimiento, implementación y mejora continua de los procesos establecidos para el análisis e intervención en el sector externo.

El relacionamiento les permitirá a los estudiantes de los programas de Ingeniería Industrial desarrollar competencias y habilidades con enfoque sistémico y pertinencia y responsabilidad social para impactar positivamente a la sociedad en su continuo ejercicio profesional.

La ejecución de los procesos de análisis e intervención en el sector externo permite integrar los procesos pedagógicos internos con la realidad vivida extramuralmente, además de ofrecerle al estudiante la oportunidad de enfrentarse a situaciones concretas y reales que coadyuven con su proceso de aprendizaje

Sobre la base del análisis del entorno y de las experiencias del programa con la comunidad en general, se posibilita la actualización continua del

plan de estudios y las técnicas para los procesos de enseñanza sobre las experiencias generadas en la realidad académica. Adicionalmente, los programas que mantengan estrecha relación con el entorno social se verán beneficiados por el reconocimiento del impacto generado.

6. EGRESADOS

Es indispensable que cada programa de Ingeniería Industrial establezca mecanismos efectivos para relacionarse con el egresado, entendido éste como el profesional que cursó y aprobó la totalidad de actividades académicas y adquirió las competencias propias de un ingeniero industrial.

Entre las recomendaciones normativas, un programa debe garantizar el “desarrollo de una estrategia de seguimiento de corto y largo plazo a egresados, que permita conocer y valorar su desempeño y el impacto del programa, así como estimular el intercambio de experiencias académicas e investigativas”, de tal forma que se posibilite un adecuado relacionamiento con el egresado, permitiendo retroalimentar los procesos de enseñanza-aprendizaje, los objetivos y los resultados de aprendizaje, para estar actualizados y adaptándose a las necesidades del entorno, contribuyendo a la generación de procesos de mejora continua de las estrategias y acciones académicas del programa.

Para tal fin, es recomendable crear una estrategia de seguimiento al egresado que oriente sus esfuerzos a:

- Generar un sistema de información robusto y dinámico que permita la permanente actualización de datos por parte de los egresados.
- Abrir espacios que fomenten la interacción directa entre el programa académico y sus egresados, tales como la representación de ellos en cuerpos colegiados, encuentros de egresados y socialización de experiencias profesionales.
- Conocer la situación laboral, social y profesional de los graduados, con el fin de identificar correspondencias entre dicha situación y el perfil del egresado.

- Garantizar servicios que apoyen la realización personal, laboral y familiar de sus egresados; por ejemplo, educación continuada, posgrados, talleres vivenciales, etc.
- Conceder reconocimientos a aquellos egresados destacados profesional, investigativa y socialmente.

El adecuado relacionamiento con el egresado y el sector externo en el que se encuentra inmerso permitirá generar ajustes en el plan de estudios, el contenido curricular y la pertinencia del programa, contribuyendo al fortalecimiento de las competencias para atender las necesidades del entorno.

Se debe tener en cuenta que en el perfil de egresado se deberán contemplar las competencias descritas en este documento, incluyendo los aspectos particulares que cada programa o región definan desarrollar durante su proceso de formación.

7. SUGERENCIAS PARA LA ACTUALIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CURRÍCULO

Debe entenderse que los procesos de actualización curricular van más allá de una revisión de los contenidos, dado que se deben generar relaciones entre las competencias formuladas en el perfil del egresado y las propuestas de enseñanza que imparten los profesores en cada uno de los espacios formativos, y garantizar la coherencia y correspondencia de éstas con las necesidades que el entorno demanda de la disciplina.

Cualquier modificación curricular deberá estar enfocada en la mejora de la pertinencia del perfil integral del egresado, al tiempo que responda con la normativa vigente del Ministerio de Educación Nacional. Al construir el presente documento se trabajó siguiendo lo mencionado por el Decreto 1330 de 2019, que modificó el Decreto 1075 de 2015 y que hace referencia a:

- El estado de la educación en el área del programa y de la ocupación, profesión arte u oficio, cuando sea del caso, en los ámbitos nacional e internacional.
- Las necesidades del país o de la región que, según la propuesta, puedan tener relación con el programa en concordancia con referentes internacionales, si éstos vienen al caso. Para tal efecto, se tomará como referente la información suministrada por la institución y la disponible en el Observatorio Laboral del Ministerio de Educación Nacional y demás sistemas de información de los que éste dispone.
- Una explicación de los atributos o factores que constituyen los rasgos distintivos del programa.

La institución deberá diseñar el contenido curricular del programa según el área de conocimiento, en coherencia con las modalidades (presencial, a distancia, virtual, dual u otros desarrollos que combinen e integren las anteriores modalidades), niveles de formación, naturaleza jurídica, tipología e identidad institucional. Deberá contar, por lo menos, con:

- a. Componentes formativos
- b. Componentes pedagógicos
- c. Componentes de interacción
- d. Conceptualización teórica y epistemológica del programa
- e. Mecanismos de evaluación

Se sugiere que los cambios que se deben generar están relacionados con los siguientes componentes curriculares:

Tabla 13. Componentes curriculares

| PEP- Curricular | Estado de la Ingeniería Industrial | Demandas del sector externo | Componente pedagógico | Mejoramiento | Investigación | Gestión administrativa |
|--|---|---|---|--|--|---|
| La fundamentación teórica del programa. | Justifica la pertinencia y el alcance del programa | Soporta los requerimientos de las herramientas y conocimientos impartidos en el programa | Establece los mecanismos utilizados para el ejercicio académico | | Genera conocimiento aplicado a las necesidades y problemáticas del entorno | Garantiza los recursos e implementa estrategias para el funcionamiento del programa |
| Los propósitos de formación del programa, las competencias y los perfiles definidos. | Sustenta la definición de los propósitos de formación | Respaldada la definición de las competencias y los perfiles del profesional | | Mantiene vigentes los aspectos curriculares y su aplicabilidad en la Ingeniería Industrial | | |
| El plan general de estudios representado en créditos académicos. | | | | | | |
| El componente de interdisciplinariedad del programa. | Permite visualizar la interdisciplinariedad de la Ingeniería Industrial | Identifica la interrelación de la Ingeniería Industrial con otras disciplinas en su campo de acción | | | | |

| PEP- Curricular | Estado de la Ingeniería Industrial | Demandas del sector externo | Componente pedagógico | Mejoramiento | Investigación | Gestión administrativa |
|--|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|--|---------------|------------------------|
| Las estrategias de flexibilización para el desarrollo del programa. | | | | | | |
| Los lineamientos pedagógicos y didácticos adoptados en la institución, según la metodología y modalidad del programa, forman parte de los programas. | | 1 | | Mantiene vigentes los aspectos curriculares y su aplicabilidad en la Ingeniería Industrial | | |
| Las estrategias pedagógicas que apuntan al desarrollo de competencias comunicativas en un segundo idioma en los programas de pregrado | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia (2020)

8. REFERENCIAS

- ACOFI. (2004). Contenidos programáticos básicos para ingeniería. Primera versión. Opciones Gráficas Editores Ltda.
- ACOFI. (Julio de 2005). Marco de fundamentación conceptual, especificaciones de pruebas Ecaes de Ingeniería Industrial. Versión 6. Bogotá. <http://dis.unal.edu.co/~hernandg/ecaes2006/docs/e2006/INDUSTRIAL.pdf>.
- Andragogy. (2015). Andragogy Virtual Campus, AIU High School. http://www.andragogy.org/_Cursos/Curso00181/Temario/Tema03/TEMA%203.pdf.
- Batista, E. (2020), "Lo que trae el Reporte Horizon 2020", el Observatorio de la Universidad Colombiana". Tags: Enrique Batista, Horizon 2020, tendencias. <https://www.universidad.edu.co/lo-que-trae-el-reporte-horizon-2020-enrique-batista-abril-20/>.
- CFIA. (2015). Perfil de profesionales en Ingeniería Industrial. Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. http://www.cfia.or.cr/descargas_2015/formacion_profesional/perfir_profesional_industrial_ciemi.
- Ingenieriaindustrialonline.com (s.f.). Historia de la Ingeniería Industrial. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/que-es-ingenier%C3%ADa-industrial/historia-de-la-ingenier%C3%ADa-industrial/>.
- Ministerio de Educación Nacional. (2011). Observatorio Laboral para la Educación: Seguimiento a los graduados de la educación superior en los últimos diez años. María Fernanda Campo Saavedra, ministra de Educación Nacional. https://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/articles-77950_presentacion_ministra.pdf.
- Rivera, E. & Chaparro, L.F. (2017). Algunos elementos a tener en cuenta para la revisión del perfil del ingeniero industrial en Colombia. Ponencia aprobada para el Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería de ACOFI: Las facultades de ingeniería y su compromiso con la sociedad. Cartagena, 26 al 29 de septiembre de 2017.

- Rivera, E. & Guerra, N. (2015). Las competencias del ingeniero industrial según la percepción de los estudiantes: el caso de los programas de Ingeniería Industrial de las universidades Central y Jorge Tadeo Lozano de Bogotá. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería de ACOFI: Una formación de calidad en ingeniería para el futuro. <http://www.acofipapers.org/index.php/eiei2015/2015/paper/viewFile/1093/392>.
- Rivera, E., Chaparro, L.F., Acosta, L., Martínez, Y., Moreno, J., Guzmán, F. & Yepes, N. (2017). Las Pruebas Saber Pro: Una mirada desde los directores de programas de Ingeniería Industrial. Bogotá: ACOFI.
- Scribd. (s.f.). Banco de temas de investigación de proyectos de Ingeniería Industrial. <https://es.scribd.com/doc/290915849/Banco-de-Temas-de-Investigacion-de-Proyectos-de-Ingenieria-Industrial>.
- Soto, H. & Mosquera, J. (2011). Proyecto educativo del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali: Facultad de Ingeniería. http://www.uao.edu.co/sites/default/files/PEP_ING_INDUSTRIAL_2011.pdf.
- Tirado M., L., Estrada M., J., Ortiz B., R., Solano Q., S., González V., J., Alfonso C., D., Restrepo G., G., Delgado C., J. & Ortiz M., D. (2007). Competencias profesionales: Una estrategia para el desempeño de los ingenieros industriales. *Revista Educación en Ingeniería*, 1, (1–11).
- Torres, F. & Abud, I. (2004). Análisis mediante categorías universales de las competencias exigidas al ingeniero industrial por los organismos internacionales de acreditación. <http://www.upc.edu/euetib/xiicuiet/comunicaciones/din/comunicacions/176.pdf>.
- Unisalle. (2016). Documento de redimensión curricular. Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de la Salle.
- Unisalle. (2016). Documento de redimensión curricular. Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de la Salle.
- Universidad del País Vasco (s.f.). Propuesta de competencias. Ingeniería industrial. <https://consejosocial.files.wordpress.com/2008/01/cometencias-ingenieria-industrial.pdf>.
- UNSJ. (s.f.). Ramas de la ingeniería. <http://www.fi.unsj.edu.ar/asignaturas/introing/RamasDeLaIngenieria.pdf>

- Vargas B., J. (28 de abril de 2016). Conferencia “El rol del ingeniero industrial en Latinoamérica”. II Encuentro de Programas de Ingeniería Industrial, ACOFI. <http://www.acofi.edu.co/eventos/ii-encuentro-de-ingenieria-industrial-el-rol-del-ingeniero-industrial-en-latinoamerica/>.
- Willinsky, J. (2002). Contradictions in the web. First Library (no publicado).

9. ANEXOS

Anexo 1. Instituciones de educación superior y entidades que participaron en la construcción del documento

- Corporación Universitaria Minuto de Dios
- Corporación Universitaria Republicana
- Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
- Fundación Universidad Autónoma de Colombia
- Fundación Universitaria Konrad Lorenz
- Pontificia Universidad Javeriana
- Universidad Antonio Nariño
- Universidad Católica de Colombia
- Universidad Central
- Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
- Universidad de La Salle
- Universidad del Norte
- Universidad ECCI
- Universidad El Bosque
- Universidad Libre
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia
- Universidad Nacional de Colombia
- Universidad Santo Tomás
- Universitaria Agustiniana
- Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)
- Capítulo de Ingeniería Industrial ACOFI – Red de Decanos y Directores de Ingeniería Industrial de Bogotá
- Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE)

Anexo 2. Participantes en la construcción del documento

Presidentes Red de Programas – Capítulo de Ingeniería Industrial, Nodo Bogotá

- Eliasib Naher Rivera Aya
- Joseph Robert Voelkl Peñaloza
- Lina Rocío Acosta Castro
- Naliny Guerra Prieto
- Yenny Alexandra Martínez Ramos

Compilación – organización

- Beatriz Lorena Rodríguez Montenegro
- Lina Margarita Prada Angarita
- Luis Alberto González Araujo
- Yenny Alexandra Martínez Ramos

Colaboradores

- Ana Lorena Martín Aldana
- Carlos Eduardo Balanta Reina
- Carolina Rico Restrepo
- Claudia Carolina Calderón
- Claudia Constanza Jiménez Carranza
- Diva Aurora Rubiano Riveros
- Édgar Alberto Barón Poveda
- Ever Ángel Fuentes Rojas
- Fernando Guzmán Castro
- Gustavo Adolfo Neira González
- Harold Wilson Hernández Cruz
- Jairo Alfonso Vargas Bonilla
- Javier Arturo Moreno Carvajal
- John Henry Ávila Bohórquez
- Julio Aníbal Moreno Galindo
- Luis Felipe Chaparro Parada
- Luis Héctor Peña Vargas
- Luz Helena Mancera Méndez
- Luz Marina Patiño Nieto
- Nelson Vladimir Yepes González

Anexo 3. Mapa de Competencias del ingeniero industrial

| Nivel 1. Competencias globales | Nivel 2. Unidades de competencia | Nivel 3. Elementos de competencia |
|--|--|--|
| <p>A. Innovar en procesos, productos y servicios con base en criterios de competitividad organizacional</p> | <p>A.1 Investigar problemas y necesidades de la cadena de valor teniendo en cuenta el logro de beneficios económicos y sociales.</p> | <p>A.1.1. Formular problemas con base en una necesidad concreta o en términos de referencia planteados.</p> |
| | | <p>A.1.2. Gestionar el proyecto de investigación de acuerdo con las políticas de la institución, de la empresa o del grupo de investigación.</p> |
| | <p>A.2 Gestionar la tecnología con base en el direccionamiento estratégico de la organización.</p> | <p>A.2.1 Elaborar estudios de prospectiva y planeación tecnológica de acuerdo con metodologías aceptadas internacionalmente.</p> |
| | | <p>A.2.2 Evaluar tecnologías con criterios de desarrollo sostenible.</p> |
| | | <p>A.2.3 Negociar tecnologías con criterios de calidad, rentabilidad, normativa, pertinencia y ética.</p> |
| | | <p>A.2.4 Adaptar tecnologías de acuerdo con el direccionamiento estratégico de la organización y el contexto socioeconómico y cultural del país.</p> |
| <p>A.2.5 Diseñar e implementar procesos de gestión del conocimiento con criterios de desarrollo del talento humano y la generación de valor.</p> | | |
| <p>B. Gestionar la producción de bienes y servicios con criterios de calidad, productividad y oportunidad</p> | <p>B.1 Dirigir la producción en función de los requerimientos del mercado y la disponibilidad de la organización.</p> | <p>B.1.1 Formular planes de producción con base en tendencias, escenarios o pronósticos.</p> |
| | | <p>B.1.2 Programar la producción de acuerdo con el plan determinado.</p> |
| | | <p>B.1.3 Ejecutar los programas de producción de acuerdo con los criterios de rentabilidad, calidad y cumplimiento.</p> |
| | | <p>B.1.4. Controlar la producción de acuerdo con los parámetros definidos en el programa.</p> |

| Nivel 1. Competencias globales | Nivel 2. Unidades de competencia | Nivel 3. Elementos de competencia |
|-----------------------------------|--|--|
| | B.2 Gestionar la calidad de acuerdo con las políticas de la organización y los criterios de satisfacción de los clientes. | <p>B.2.1 Transformar la cultura de calidad de acuerdo con el direccionamiento estratégico de la organización.</p> <p>B.2.2 Asegurar productos, servicios, procesos y la organización de acuerdo con el modelo de calidad de la empresa.</p> <p>B.2.3 Mejorar la calidad de los procesos con base en los criterios de evaluación definidos por la organización y la responsabilidad social.</p> |
| | B.3 Gestionar la productividad en la organización en función de la satisfacción de clientes, proveedores, empleados y accionistas. | <p>B.3.1 Planear la productividad de los factores de acuerdo con las metas estratégicas de la organización.</p> <p>B.3.2 Medir la productividad con base en criterios técnicos y de sostenibilidad para la organización o el sector.</p> <p>B.3.3 Mejorar la productividad con criterios de la competitividad organizacional.</p> |
| | B.4 Gestionar los procesos de acuerdo con el direccionamiento estratégico de la organización. | <p>B.4.1 Diseñar o rediseñar procesos con criterios estratégicos, técnicos y culturales.</p> <p>B.4.2 Mejorar procesos con base en criterios de satisfacción de clientes, calidad y productividad.</p> <p>B.4.3 Estandarizar los procesos de acuerdo con normas nacionales e internacionales.</p> |
| | B.5 Gestionar la logística con base en los requerimientos de la cadena cliente-proveedor y la optimización de los costos. | <p>B.5.1 Gestionar el sistema de compras, suministros y proveedores de acuerdo con la política de calidad y costos de la organización.</p> <p>B.5.2 Gestionar el sistema de almacenamiento y de inventarios de acuerdo con los requerimientos de las ventas, la producción y las compras.</p> <p>B.5.3 Gestionar el sistema de transporte y distribución de los insumos y productos en el tiempo oportuno, el lugar indicado y al costo razonable.</p> |

| Nivel 1. Competencias globales | Nivel 2. Unidades de competencia | Nivel 3. Elementos de competencia |
|--|---|---|
| <p>C. Gerenciar la empresa o las áreas funcionales con criterios estratégicos, administrativos, económicos y sociales</p> | <p>C.1 Crear y gerenciar la empresa en su conjunto con criterios de liderazgo, innovación, rentabilidad y responsabilidad social</p> | <p>C.1.1 Generar planes de negocio con criterios de desarrollo regional y nacional y de generación de valor.</p> |
| | | <p>C.1.2 Diseñar escenarios prospectivos con base en metodologías de aceptación general.</p> |
| | | <p>C.1.3 Formular el plan de desarrollo de la organización con base en direccionamiento estratégico.</p> |
| | | <p>C.1.4 Diseñar la estructura de la organización con base en la planeación y la cultura corporativa.</p> |
| | | <p>C.1.5 Dirigir la empresa teniendo en cuenta la productividad y el desarrollo de las personas.</p> |
| | | <p>C.1.6 Evaluar el desempeño de la organización de acuerdo con los resultados esperados y los estándares del sector.</p> |
| | <p>C.2 Gerenciar las finanzas de acuerdo con el direccionamiento estratégico de la empresa</p> | <p>C.2.1 Planear las finanzas de acuerdo con los objetivos estratégicos de la organización.</p> |
| | | <p>C.2.2 Evaluar el desempeño financiero de la empresa de acuerdo con los resultados esperados.</p> |
| | <p>C.3 Gerenciar la actividad comercial de acuerdo con la satisfacción de los clientes, la legislación comercial y los acuerdos que apliquen a la relación cliente-proveedor.</p> | <p>C.3.1 Formular el plan de mercado de acuerdo con el estudio de las necesidades de los clientes y las políticas de la organización.</p> |
| | | <p>C.3.2 Gestionar el desarrollo de nuevos productos y servicios, utilizando medios y técnicas adecuadas.</p> |
| | | <p>C.3.3 Administrar las relaciones con los clientes de acuerdo con criterios de servicios, oportunidad y costo.</p> |

| Nivel 1. Competencias globales | Nivel 2. Unidades de competencia | Nivel 3. Elementos de competencia |
|-----------------------------------|--|---|
| | C.4 Gerenciar proyectos de acuerdo con metodologías actualizadas, normativa vigente y optimización de recursos. | C.4.1 Formular proyectos de inversión considerando los aspectos mercados, técnicos, administrativos y financieros. C.4.2 Evaluar proyectos desde la perspectiva financiera. C.4.3 Administrar proyectos con liderazgo y efectividad. |
| | C.5 Gerenciar el desarrollo de las personas de acuerdo con la ética, la normativa laboral, la productividad y las políticas de responsabilidad social de la empresa. | C.5.1 Gestionar el proceso de incorporación y del desarrollo de las personas de acuerdo con las políticas de la compañía. C.5.2 Administrar las relaciones laborales de acuerdo con la normativa de la empresa y de la ley. C.5.3 Gestionar la organización del trabajo de acuerdo con la política y la cultura organizacional. C.5.4 Gestionar la seguridad y la salud en el trabajo con criterios científicos y legales. |

Fuente: Tirado et al. (2007)

Anexo 4. Conocimientos, habilidades, actitudes y valores del ingeniero industrial

| Genéricos | Específicos |
|---|---|
| Investigar, generar y gestionar información y datos | 1. Investigar y organizar información y datos. |
| | 2. Diseñar y conducir experimentos científicos. |
| | 3. Interpretar, analizar, integrar y evaluar información y datos. |
| Analizar, plantear y solucionar problemas reales en ingeniería | 4. Aplicar matemáticas, física, química y otras materias asociadas a la ingeniería. |
| | 5. Aplicar tecnologías, técnicas y herramientas modernas de ingeniería. |
| | 6. Identificar y entender problemas y necesidades reales del cliente o mercado. |
| | 7. Analizar problemas y sistemas complejos (análisis y abstracción). |
| | 8. Pensar en forma lógica, conceptual, deductiva y crítica. |
| | 9. Modelar, simular sistemas y realidades complejas. |
| | 10. Crear, innovar (creatividad). |
| | 11. Decidir (tomar decisiones). |
| | 12. Pensar con enfoque multidisciplinario, interdisciplinario, de sistemas. |
| Diseñar sistemas para resolver necesidades | 13. Diseñar/desarrollar de modo interdisciplinario sistemas y productos complejos. |
| | 14. Medir y evaluar procesos, productos, sistemas. |
| Competencias complementarias | 15. Dominar un área de especialidad. |
| | 16. Aplicar conocimientos de calidad, ergonomía y seguridad industrial. |
| | 17. Aplicar conocimientos de ciencias sociales y humanidades. |
| | 18. Aplicar conocimientos de ingeniería económica. |
| | 19. Aplicar conocimientos de producción, fabricación y <i>marketing</i> de productos. |
| | 20. Aplicar conocimientos de materiales, componentes y sus aplicaciones. |
| | 21. Aplicar conocimientos de leyes en ingeniería. |
| | 22. Identificar, evaluar y controlar el riesgo en ingeniería. |

| Genéricos | Específicos |
|--|--|
| | 23. Planear, organizar, dirigir y controlar personal, procesos, proyectos, empresas. 24. Asesorar, consultar, auditar y evaluar procesos, sistemas, empresas. 25. Capacitar, educar, formar, enseñar. |
| Comunicarse efectivamente | 26. Comunicarse efectivamente en forma oral, gráfica y por escrito. 27. Comunicarse en varios idiomas modernos, en forma oral, gráfica y por escrito. 28. Planear, conducir y practicar debates sobre temas actuales. |
| Relacionarse y trabajar en equipo | 29. Trabajar en equipos y entornos internacionales. 30. Liderar, dirigir personas, actividades, proyectos, empresas. 31. Planear, conducir y practicar negociaciones. 32. Escuchar activamente y mostrarse con empatía. 33. Mantener y desarrollar relaciones con personas y entidades. 34. Afrontar adecuadamente la crítica y el conflicto. |
| Fomentar el desarrollo propio y mejora continua | 35. Comprometerse a aprender por cuenta propia y a lo largo de toda la vida. 36. Comprometerse con la autocrítica, autoevaluación y mejora. 37. Comprometerse con la disciplina. 38. Mostrarse con autoestima y seguridad en sí mismo. 39. Mostrarse con iniciativa y espíritu emprendedor. 40. Adaptarse al cambio. |
| Comprometerse con la ética y la responsabilidad profesional, legal, social y medioambiental | 41. Comprometerse con la ética profesional, social y legal. |
| Comprometerse con la ética y la responsabilidad profesional, legal, social y medioambiental | 42. Comprometerse con el medioambiente y el desarrollo sostenible. 43. Comprometerse con la calidad y la seguridad. 44. Concientizarse de los problemas contemporáneos. |
| Valorar la diversidad social, artística y cultural | 45. Respetar la diversidad social, artística y cultural y fomentar la solidaridad. |

Fuente: Torres & Abud (2004)



Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería
Carrera 68D 25B 86 Oficina 205 · Edificio Torre Central
PBX: (57 1) 427 3065 · Móvil: (57) 300 3221059
acofi@acofi.edu.co · www.acofi.edu.co
Bogotá, D.C., Colombia, Suramérica

ISBN: 978-958-680-091-4

