

**PROSPECTIVA DE EMPLEABILIDAD DEL INGENIERO ELECTRÓNICO Y
TENDENCIAS DE NEGOCIO RELACIONADAS CON LA PROFESIÓN EN EL
CONTEXTO COLOMBIANO**

GLADYS SOFIA MORALES BERRIO
OSCAR ALONSO NIETO MANTILLA



**Universidad Santo Tomás
División de Ingenierías
Facultad de Ingeniería Electrónica
Bogotá D.C
2020**

PROSPECTIVA DE EMPLEABILIDAD DEL INGENIERO ELECTRÓNICO Y
TENDENCIAS DE NEGOCIO RELACIONADAS CON LA PROFESIÓN EN EL
CONTEXTO COLOMBIANO

GLADYS SOFIA MORALES BERRIO
OSCAR ALONSO NIETO MANTILLA

Proyecto de Grado

Director: Ing. Jaime Vitola Oyaga

Codirector: Ing. José Luis Paternina Duran

Asesor: Ing. Edwin Francisco Forero García

Universidad Santo Tomás
División de Ingenierías
Facultad de Ingeniería Electrónica
Bogotá D.C
2020

Autoridades de la universidad

RECTOR GENERAL

R.P. FRAY JOSÉ GABRIEL MESA ANGULO, O.P.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO GENERAL

R.P. FRAY LUIS FRANCISCO SASTOQUE POVEDA, O.P.

VICERRECTOR ACADÉMICO GENERAL

R.P. FRAY EDUARDO GONZALES GIL, O.P.

SECRETARIO GENERAL

Dra. INGRID LORENA CAMPOS VARGAS

DECANO DIVISIÓN DE INGENIERÍAS

R.P. FRAY ÉRICO JUAN MACCI CÉSPEDES, O.P.

SECRETARIA DE DIVISIÓN

E.C. LUZ PATRICIA ROCHA CAICEDO

DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ING. CARLOS ENRIQUE MONTENEGRO NARVÁEZ

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del director

Firma del jurado

Firma del jurado

BOGOTÁ D.C. NOVIEMBRE DE 2020

ADVERTENCIA

La Universidad Santo Tomás no se hace responsable de las opiniones y conceptos expresados en el trabajo de grado, solo velará por qué no se publique nada contrario al dogma ni a la moral católica y porque el trabajo no tenga ataques personales y únicamente se vea el anhelo de buscar la verdad científica.

Capítulo III –Art. 46 del Reglamento de la Universidad Santo Tomás.

Índice General

Índice General.....	6
Índice de Figuras.....	7
Índice de Tablas.....	8
1. Introducción.....	9
1.1 Planteamiento del problema.....	10
1.2 Antecedentes.....	12
1.3 Justificación.....	14
1.4 Objetivos.....	15
1.4.1 General.....	15
1.4.2 Específicos.....	15
1.5 Marco Teórico.....	16
1.6 Diseño Metodológico.....	25
2. Ejecución del Proyecto.....	27
3. Conclusiones.....	53
4. Referencias.....	55

Índice de Figuras

Figura 1. Fases del proyecto de grado.....	26
--	----

Índice de Tablas

Tabla 1. Las 10 profesiones con más ofertas en el segundo trimestre de 2019 en Colombia.....	36
Tabla 2. Valor producción en fábrica (miles de pesos) por eslabón para la cadena productiva Electrónica y Telecomunicaciones según el DNP	39
Tabla 3. Número de empleos por eslabón para la cadena Electrónica y Telecomunicaciones según el DNP.....	40
Tabla 4. Exportaciones (dólares FOB) por eslabón para la cadena productiva Electrónica y Telecomunicaciones según el DNP.....	42

1. Introducción

En su estudio, Orozco, Bermúdez y Herrera, indican que la primera Facultad de Ingeniería Electrónica en Colombia se estableció en la Universidad Javeriana en 1960, pero fue varios años más tarde, a inicios de 1975, que se oficializó por Resolución Electoral el Programa de Ingeniería Electrónica en Colombia, conformándose a partir de entonces la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica [1]. Hasta la fecha, el crecimiento de los programas de Ingeniería Electrónica en Colombia ha sido exponencial, contándose en la actualidad con cerca de 80 programas académicos activos de Ingeniería Electrónica, y, de acuerdo a los datos entregados por el Ministerio de Educación Nacional en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior, entre 2001 y 2017 se graduaron 41.897 ingenieros electrónicos en Colombia, y en 2018 se graduaron 2591 profesionales de esta disciplina [2]. La Ingeniería Electrónica es una de las fuerzas del progreso tecnológico del país, el cual requiere de competitividad a nivel mundial, mediante la investigación, desarrollo y emprendimiento para garantizar un mejoramiento continuo de la economía nacional; por esta y muchas otras razones, la Ingeniería Electrónica continuará evolucionando, aumentando de forma proporcional la demanda de profesionales capacitados en esta rama de la Ingeniería.

Ante esta perspectiva, es de gran importancia que, de forma constante, la academia evalúe la preparación de sus profesionales en esta disciplina, analizando la concordancia de su programa académico ante la realidad laboral, a nivel mundial y nacional. Este análisis constante permitirá identificar las posibles falencias o faltantes en la enseñanza de la Ingeniería Electrónica y fortalecer a los estudiantes en las competencias que sean pertinentes dentro del contexto colombiano. A su vez, esto resultará en la definición de una perspectiva laboral clara y realista para los futuros egresados.

1.1 Planteamiento del problema

Con base en la experiencia de más de 30 años en las áreas de prestación de servicios y desarrollo electrónico de los autores y en las evidencias plasmadas en este documento por medio de la revisión de diferentes fuentes de información¹, es posible afirmar que actualmente, en muchos casos, existe un grado de divergencia entre la formación académica de un egresado de Ingeniería Electrónica y las competencias laborales en demanda. Con mucha frecuencia, los roles desempeñados por los ingenieros electrónicos difieren con lo esperado dentro de su formación académica, presentándose en ocasiones, falencias en las competencias requeridas para la atención al cliente, interventoría, diseño y dirección de proyectos interdisciplinarios y adaptación a nuevas tecnologías, por mencionar algunas.

Por lo anterior, se consideró necesario realizar un estudio investigativo, enfocado a la realidad profesional y laboral en Colombia, buscando actualizar y ampliar la visión académica del sector docente para potencializar la formación de nuevos y mejores profesionales, fortaleciendo las competencias disciplinares con mayor demanda de los cada uno de los sectores de interés. De esta manera se proyectan con mayor efectividad, los esfuerzos de la Ingeniería Electrónica de cara al futuro económico de nuestro país.

De la misma manera, esta investigación se desarrolla como una realimentación al sector estudiantil, no solo con la misión de ensanchar el margen de interés de los aspirantes a profesionales de ingeniería, sino también de llevar a los futuros profesionales a tomar decisiones correctas con base en las demandas laborales actuales y las necesidades reales de los sectores del país. Con el fin de evidenciar un crecimiento sano de la competitividad tecnológica del país, es menester para el profesional contar con un estado actualizado del enfoque de competencias en cada sector económico; de esta forma, los esfuerzos serán enfocados en dichas

¹ Referirse a las secciones: 1.6 Diseño Metodológico (página 25) y 4. Referencias (página 54)

necesidades con mayor eficacia.

En proporción, para las áreas de investigación, y el gremio de profesionales independientes, este documento también busca generar referencias actualizadas de las tendencias y demanda del mercado nacional, y de cada uno de los sectores económicos. De esta manera es posible el fortalecimiento, enriquecimiento y competitividad del talento nacional en relación al desarrollo internacional, basados en emprendimiento local.

A través del desarrollo de este proyecto se busca dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cuál es la perspectiva de empleabilidad del ingeniero electrónico de acuerdo con las tendencias del mercado?

1.2 Antecedentes

En 2006, García, Jiménez y Pérez realizaron una investigación donde se evaluaba el perfil del ingeniero electrónico y la diferencia entre la oferta educativa y las demandas sociales de esta carrera. Con un estudio de este tipo se concluyó que existían problemas de conectividad entre la academia y la sociedad [3].

El estudio realizado por Rodríguez en 2013, sobre la pertinencia del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, desde la perspectiva de los egresados entre 2008 y 2009, se constituye en un modelo para el seguimiento y evaluación de los programas profesionales. Algunas de las conclusiones alcanzadas en este estudio, indican que el 50% de los graduados consideraba que su trabajo actual estaba medianamente relacionado con su profesión, y solo el 33% consideraba que su trabajo actual estaba muy relacionado, mientras que el 6% indicaba no tener relación alguna. También se concluía que el 72% de los egresados consideraba que debería laborar en otro trabajo en donde pudiese desarrollar mejor sus capacidades profesionales y el 83% consideraba que debía tener un mejor salario teniendo en cuenta sus competencias. Por otro lado, el 48% consideraba que la principal razón de no conseguir un empleo era la carencia de experiencia [4].

Viola y Pinzón presentaron en 2018 un artículo que realizaba un análisis contextual y conceptual a nivel nacional e internacional, con miras al mejoramiento de los programas de Ingeniería Electrónica en Colombia. Encontraron que las facultades de Ingeniería Electrónica incluían dentro de sus programas temas de alcance global, pero hacían falta ciertos cambios en la transferencia tecnológica y la investigación para brindar al egresado herramientas para la adaptación y solución de problemáticas actuales en Colombia [5].

De forma similar, se ha observado durante los años un creciente interés en el seguimiento hacia los egresados de las diferentes carreras profesionales, con miras

a evaluar la efectividad de los programas académicos y definir las posibles mejoras a realizar en los mismos. Dicho seguimiento debe ser realizado de forma individual por cada institución académica, a la vez que sería conveniente un seguimiento colectivo que permita sacar conclusiones dentro de una muestra más amplia, con el fin de aumentar la competitividad y el desarrollo profesional.

1.3 Justificación

Teniendo en cuenta el papel vital que desempeña la Ingeniería Electrónica en la transformación digital actual, más enfocada a la Cuarta Revolución Industrial (Industria 4.0) y en los cambios que esta implica para el trabajo y la vida en general, es de suma importancia que las instituciones educativas se encuentren alineadas con las necesidades del sector laboral, para dar frente a las mismas con profesionales preparados y contextualizados con la realidad laboral del país.

Por esta razón, se considera pertinente realizar una revisión de la perspectiva laboral y definir los principales perfiles y competencias requeridas en un ingeniero electrónico frente a las tendencias laborales actuales en Colombia. Esto, con el objetivo que universidades y egresados se inquieten en mantenerse actualizados respecto a estos temas, y más allá con el deseo de motivar la transformación continua de la academia para garantizar la adaptación de sus profesionales al mercado laboral en Ingeniería Electrónica.

1.4 Objetivos

A continuación, se enuncian los objetivos del proyecto de grado propuesto.

1.4.1 General

Desarrollar un estudio con miras a definir las perspectivas y posibilidades laborales de un ingeniero electrónico en distintas líneas de acción para el contexto colombiano.

1.4.2 Específicos

- Realizar una investigación sobre los diferentes perfiles que puede desempeñar un ingeniero electrónico en Colombia.
- Definir la perspectiva de empleabilidad para un ingeniero electrónico en Colombia, de acuerdo con los perfiles profesionales identificados.
- Proveer una perspectiva real y práctica de la empleabilidad y ramas de especialización en electrónica en Colombia con base en la experiencia en la industria de desarrollo electrónico y prestación de servicios de ingeniería.
- Definir las características potencializadoras de un ingeniero electrónico en el contexto nacional.

1.5 Marco Teórico

Para un rápido entendimiento de lo presentado en este proyecto de investigación, se definen a continuación algunos conceptos claves relacionados con el ejercicio y las ramas de la Ingeniería Electrónica.

1.5.1 Ingeniero Electrónico

ICFES – ACOFI define al ingeniero electrónico de la siguiente forma [6]:

“El ingeniero es un profesional que sintetiza toda una serie de conocimientos científicos, tecnológicos y técnicos para la solución de los problemas de la sociedad en un campo de acción específico. El ingeniero es el puente entre las necesidades y las soluciones.

De acuerdo con lo anterior, se puede definir al ingeniero electrónico como una persona capaz de:

- Analizar, diseñar, fabricar, investigar, operar, planear, mantener, adaptar, integrar e instalar sistemas electrónicos.
- Identificar problemas u oportunidades, proponer alternativas y escoger e implementar soluciones aceptables en el área de la Ingeniería Electrónica o en situaciones interdisciplinarias donde esta sea requerida.
- Trabajar armónica y eficientemente en grupos multidisciplinarios.
- Comunicarse efectivamente en forma oral y escrita, sea en Castellano como en otro idioma con el cual pueda compartir el resultado de su trabajo con la comunidad internacional.

Así mismo, como ser humano integral, el ingeniero electrónico debe:

- Tener una sólida formación cultural que le permita desempeñarse adecuadamente en el medio socio-económico del país, comprendiendo, así mismo, el impacto de su trabajo en una dimensión globalizada.
- Tener una formación y conocimientos básicos de las técnicas generales de administración, economía y legislación laboral, así como de las normas técnicas y jurídicas que controlan el ejercicio profesional, de manera que pueda adaptarse rápidamente a un ambiente de empresa o emprender su propia empresa.
- Asumir una actitud crítica frente a los problemas nacionales y tomar parte activa en la solución.
- Ser consciente de la necesidad de formarse permanentemente y tener las habilidades para asimilar nuevos conocimientos científicos y tecnológicos necesarios en su práctica profesional.
- Tener valores que le permitan comprender su responsabilidad ética y profesional y enmarcar todos sus actos dentro de estos principios.
- Tener conciencia social de los recursos nacionales, tanto humanos como técnicos, para que desarrolle su profesión desde una perspectiva global dirigida al desarrollo sostenible.

De otra parte, un ingeniero electrónico debe estar preparado para desarrollarse profesionalmente, entre otros, en los siguientes campos de acción:

- Comunicaciones
- Control y automatización
- Computación y sistemas
- Electrónica de potencia
- Microelectrónica
- Bioingeniería
- Electrónica general

Si bien, cada uno de estos campos de acción tiene innumerables especializaciones, se entiende que los mencionados anteriormente son básicos y que unidos a las competencias descritas favorecen el adecuado desempeño profesional de un ingeniero electrónico.

Además, la formación del ingeniero electrónico propende por el desarrollo de una metodología de endogenización de la tecnología electrónica entendida ésta como la acción combinada y coherente de adaptar, apropiar, adecuar, transferir, acorde con el desarrollo y crecimiento del país y de la región con un amplio sentido de responsabilidad Social.

El ingeniero electrónico debe entender la conveniencia de crear empresas que produzcan equipos electrónicos que proporcione soluciones que hagan más competitivos los diferentes sectores de la economía, por ejemplo, logrando la incrementar la productividad y la automatización en la industria.

Así mismo, el ingeniero electrónico debe ser capaz de desarrollar las investigaciones que permitan incorporar lo más avanzado de la electrónica a los proyectos que se adelantan en el país.”

1.5.2 Campos de desempeño del ingeniero electrónico

En esta sección se definen algunos roles y ramas principales de la Ingeniería Electrónica de importancia para el desarrollo del proyecto de grado.

1.5.2.1 Interventoría y Supervisión

El Departamento Administrativo Servicio Civil Distrital Bogotá [7] define a la interventoría como el seguimiento técnico a la ejecución de contratos de distintas tipologías, realizado por una persona natural o jurídica contratada para ese fin por una Entidad, en los siguientes casos: (i) cuando la ley ha establecido la obligación

de contar con esta figura en determinados contratos, (ii) cuando el seguimiento del contrato requiera del conocimiento especializado en la materia objeto del mismo, o (iii) cuando la complejidad o la extensión del contrato lo justifique.

Facultades y deberes de la supervisión e interventoría:

- Seguimiento al ejercicio del cumplimiento obligacional por la entidad contratante sobre las obligaciones a cargo del contratista.
- Solicitar informes, aclaraciones y explicaciones sobre el desarrollo de la ejecución contractual
- Mantener informada a la entidad contratante de los hechos o circunstancias que puedan constituir actos de corrupción tipificados como conductas punibles, o que puedan poner o pongan en riesgo el cumplimiento del contrato, o cuando tal incumplimiento se presente.

1.5.2.2 Gestión de Proyectos

El Project Management Institute (PMI) [8] define un proyecto como un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un principio y un final definidos.

El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto, cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto. Asimismo, se puede poner fin a un proyecto si el cliente (cliente, patrocinador o líder) desea terminar el proyecto. Que sea temporal no significa necesariamente que la duración del proyecto haya de ser corta. Se refiere a los compromisos del proyecto y a su longevidad. En general, esta cualidad de temporalidad no se aplica al producto, servicio o resultado creado por el proyecto; la mayor parte de los proyectos se emprenden para crear un resultado duradero. Por otra parte, los proyectos pueden

tener impactos sociales, económicos y ambientales susceptibles de perdurar mucho más que los propios proyectos.

Cada proyecto genera un producto, servicio o resultado único. El resultado del proyecto puede ser tangible o intangible. Aunque puede haber elementos repetitivos en algunos entregables y actividades del proyecto, esta repetición no altera las características fundamentales y únicas del trabajo del proyecto.

Un proyecto puede generar:

- Un producto, que puede ser un componente de otro elemento, una mejora de un elemento o un elemento final en sí mismo;
- Un servicio o la capacidad de realizar un servicio;
- Una mejora de las líneas de productos o servicios existentes; o
- Un resultado, tal como una conclusión o un documento.

La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los siguientes grupos de procesos:

- Inicio,
- Planificación,
- Ejecución,
- Monitoreo y Control, y
- Cierre.

Dirigir un proyecto por lo general incluye, entre otros aspectos:

- Identificar requisitos;

- Abordar las diversas necesidades, inquietudes y expectativas de los interesados en la planificación y la ejecución del proyecto;
- Establecer, mantener y realizar comunicaciones activas, eficaces y de naturaleza colaborativa entre los interesados;
- Gestionar a los interesados para cumplir los requisitos del proyecto y generar los entregables del mismo;
- Equilibrar las restricciones contrapuestas del proyecto que incluyen, entre otras:
 - El alcance,
 - La calidad,
 - El cronograma,
 - El presupuesto,
 - Los recursos y
 - Los riesgos.

1.5.2.3 Telecomunicaciones

La definición dada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, del inglés International Telecommunication Union) para Telecomunicación es toda emisión, transmisión y recepción de signos, señales, escritos e imágenes, sonidos e informaciones de cualquier naturaleza, por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos [9].

Anttalainen T., define a las telecomunicaciones como las tecnologías que se encargan de establecer la comunicación a distancia entre dos puntos geográficos diferentes. Las telecomunicaciones se constituyen como recursos de importancia estratégica para la mayoría de compañías modernas, y el mercado de las telecomunicaciones es amplio y se encuentra en constante crecimiento. Algunos de los principales aspectos de importancia de las telecomunicaciones son:

- Las redes de comunicaciones constituyen el equipo más complejo en el mundo.
- Los servicios de telecomunicaciones tienen un impacto esencial en el desarrollo de una comunidad.
- La operación del mundo moderno es altamente dependiente de las Telecomunicaciones.
- Las telecomunicaciones juegan un rol esencial en muchos aspectos de la vida diaria.

[10]

1.5.2.4 Control y automatización

Creus, A. [11] considera que los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los diversos productos obtenidos. Los procesos son muy variados y abarcan muchos tipos de productos, y para todos estos procesos es absolutamente necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes. Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de estas constantes en condiciones más idóneas que las que el propio operador podría realizar. En todos los tipos de procesos es necesario mantener las variables propias del proceso en un valor deseado fijo, o bien en un valor variable con el tiempo. Los sistemas de control permiten el mantenimiento de estas variables por medio de la comparación del valor de la variable, o condición a controlar, con un valor deseado, tomando una acción de corrección de acuerdo con la desviación existente sin que el operario intervenga en absoluto.

La ingeniería de control integra la teoría de circuitos, instrumentación, comunicaciones, entre otros, sin limitarse a alguna disciplina específica de la ingeniería, sino que puede involucrar diversas ramas de la ingeniería como la ingeniería ambiental, química, aeronáutica, mecánica, civil y eléctrica.

1.5.2.5 Bioingeniería

La Bioingeniería consiste en la aplicación de las técnicas y las ideas de la ingeniería a la biología, y concretamente a la biología humana, es una ciencia relativamente nueva que surge de la fusión entre la biología y la ingeniería, constituyéndose en el principal soporte tecnológico de las ciencias de la salud y en un aliado inseparable de la práctica clínica [12].

Algunas de las principales áreas de la bioingeniería son [12]:

- Bioinstrumentación: Diseñar y construir sistemas de medida orientados a la adquisición, manipulación y valoración de parámetros fisiológicos.
- Biomecánica: Aplicar principios de la mecánica clásica a la resolución de problemas en la biología y medicina.
- Biomateriales: Estudiar y desarrollar materiales vivos y artificiales para ser utilizados en implantes a interactuar con material biológico.
- Ingeniería de Rehabilitación: Mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad aplicando la ciencia y la tecnología.
- Informática Médica: Integrar herramientas informáticas en el registro, análisis y comprensión de eventos biológicos, como ayudas diagnósticas y para el aprendizaje de tratamientos clínicos y procedimientos quirúrgicos.
- Telemedicina: Utilizar las redes de telecomunicaciones disponibles local, regional, nacional y globalmente para la prestación de servicios médicos y asistenciales.
- Procesamiento Digital de Bioseñales: Aplicar técnicas y procedimientos característicos del procesamiento digital para la recuperación y evaluación de señales biomédicas.
- Imagenología Médica: Generar imágenes de órganos, tejidos, estructuras, cavidades del cuerpo humano enfocado al diagnóstico médico.
- Ingeniería Clínica: restar servicios de asesoría a entidades clínico – hospitalarias, sanitarias y gubernamentales en lo que respecta a la

planificación, consecución, instalación y mantenimiento de la tecnología biomédica.

1.6 Diseño Metodológico

El presente trabajo corresponde a un proyecto de investigación descriptivo con enfoque cualitativo; y más específicamente, a una investigación documental donde se realizó la comparación de distintas fuentes de información, acompañándose también de la experiencia profesional de los autores para reforzar las ideas planteadas.

Para el desarrollo de este proyecto se especifican como fuentes primarias a la red de redes, Internet y artículos relacionados con el tema, revistas de ingeniería, documentos gubernamentales de proyección económica, y la información suministrada por el Ministerio de Educación Nacional, Dirección Nacional de Planeación, DANE, Observatorio Colombiano de Ciencia y tecnología, entre otros. Como fuentes secundarias, se establecen los documentos asociados con investigaciones similares realizadas por otros investigadores.

La metodología utilizada es cuantitativa respecto a los diferentes indicadores y datos consultados, y cualitativa respecto a los perfiles y roles a definirse para el ingeniero electrónico con base en la experiencia de los autores. Se aplicaron técnicas básicas de procesamiento estadístico para la clasificación de la información obtenida.

La muestra que se estudió corresponde a la información disponible para Ingeniería Electrónica en el contexto colombiano respecto a empleabilidad, cantidad de egresados, desarrollo de la Industria Electrónica, entre otros.

El proyecto de investigación se dividió en las siguientes fases:

1. Revisión del estado del arte.
2. Investigación roles del ingeniero electrónico en Colombia.
3. Investigación indicadores de empleabilidad para ingenieros electrónicos en Colombia.

4. Investigación Industria Electrónica en Colombia y su posicionamiento a nivel internacional.
5. Investigación papel de la Ingeniería Electrónica en la Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia.
6. Investigación tendencias de la Ingeniería Electrónica en Colombia y en el contexto internacional.
7. Elaboración de documento final.

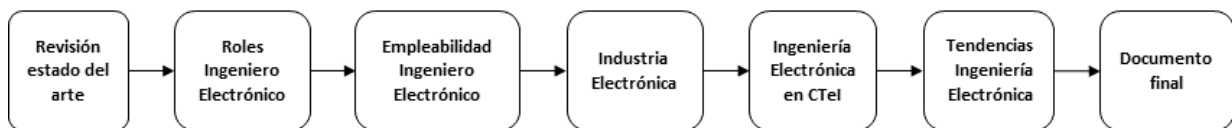


Figura 1. Fases del proyecto de grado.

Fuente: Autores

2. Ejecución del Proyecto

2.1 Perfiles, competencias técnicas y no técnicas en Ingeniería Electrónica

En la actualidad, el ejercicio profesional de la Ingeniería Electrónica se encuentra regulado por el Consejo Profesional Nacional de Ingenierías Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines de acuerdo a la Ley 51 de 1986. Esta entidad gubernamental está encargada, entre otras funciones, de la expedición de matrículas profesionales, momento a partir del cual un ingeniero electrónico puede ejercer su profesión.

El ejercicio de la Ingeniería Electrónica puede desarrollarse en diferentes áreas o campos de acción. La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) define los siguientes [13]:

- Comunicaciones
- Control y automatización
- Computación y sistemas
- Electrónica de potencia
- Microelectrónica
- Bioingeniería
- Electrónica general

Teniendo en cuenta estos campos de acción, y ampliando lo que ya se incluyó en el marco teórico, se definirá de forma breve el perfil técnico de algunas líneas de especialización o áreas de la Ingeniería Electrónica y las competencias técnicas requeridas para cada una [14]:

Ingeniería en Sistemas de Comunicación: Diseño de sistemas que proporcionan servicios de información de alta calidad, resolviendo problemas de transmisión y recepción de señales e interconexión de redes; llevando información y datos en el

formato que sean requeridos. Los sistemas incluyen el hardware para generar, transmitir y recibir señales de información. Es la disciplina de aplicación de la comunicación a distancia, usando tecnologías basadas en electrónica analógica y digital, tales como sistemas de radio, televisión, telefonía, comunicaciones de datos y redes informáticas como internet.

Ingeniería de control y automatización: Integra la teoría de circuitos y la de comunicaciones, no se limita a ninguna disciplina específica de la ingeniería, sino que puede involucrar diversas ramas de la ingeniería como la ingeniería ambiental, química, aeronáutica, mecánica, civil y eléctrica. Su fin es la generación de sistemas que puedan realizar el monitoreo de variables de un proceso y ejercer acciones para la consecución de resultados deseados.

Ingeniería de computación: Manejo de software, diseño de hardware y técnicas básicas para la ecuación de modelos, estructuras de datos, sistemas digitales, arquitectura en computación, microprocesadores, interfaces, ingeniería de software y sistemas operativos.

Ingeniería de programación: Aplicación práctica del conocimiento científico en el diseño, la construcción, y la validación de programas de computadora, así como la documentación asociada que se requiere para desarrollar, operar y mantener todo ello. Un ingeniero de programación debe poseer un conocimiento amplio del diseño del hardware y del área en la cual se va a aplicar el desarrollo de programación.

Bioingeniería: Aplica las metodologías analíticas y sintéticas de la ingeniería para resolver problemas de las ciencias de la vida; utiliza tales ciencias para estudiar cada aspecto posible de los seres vivos como organismos. Por lo general, se utiliza para analizar y resolver problemas relacionados con la salud de los seres humanos, animales y sistemas biológicos útiles en producción alimentaria y farmacéutica. Las aplicaciones están especialmente relacionadas con la salud humana, pero el campo puede ser mucho más general. Es una disciplina fundada sobre las ciencias

biológicas. Esta disciplina es el resultado de la aplicación técnica de la ingeniería al campo de la medicina; dedicándose al diseño, construcción y mantenimiento de tecnologías sanitarias tales como instrumentación biomédica, prótesis, dispositivos médicos, equipos de diagnóstico (imagenología médica) y de terapia. En proporción interviene en la gestión de los recursos técnicos ligados a un sistema de entidades de salud.

Dentro de cada una de estas subdisciplinas, se pueden encontrar, a su vez, diversos roles como son:

Proyectos: Ingeniero líder, enfocado a la planeación, administración, dirección y control de la ejecución de un proyecto, estableciendo y preservando el orden de prioridades del mismo para su ejecución mediante un cronograma discriminado en hitos o entregas. Genera ajustes proporcionados de los recursos económicos y su distribución, infraestructura, supraestructura, capital, y tiempo de ejecución. Este rol implica la documentación organizada y constante de eventos en la ejecución de proyectos, informes de avance, bitácoras, reportes de presupuesto y dossier final del proyecto, con miras a la medición de indicadores de desempeño del proyecto respecto a cumplimiento de tiempo y presupuesto.

El ingeniero de proyectos se encarga también del sostenimiento de comunicaciones entre stakeholders, ingenieros de planeación, equipos de aseguramiento de calidad, gestión ambiental, seguridad industrial, pruebas y commissioning, contratistas e interventores ejecutantes. Es por esta razón que debe procurar tener un manejo general de todas las disciplinas técnicas del proyecto, aun de las que se encuentran por fuera de su profesión.

Para este tipo de profesionales es muy deseable contar con certificaciones de Proyectos como las emitidas por el Project Management Institute (PMI).

Control y aseguramiento de la calidad: Auditoría interna que procura el control de la calidad de la ejecución, y seguimiento a los correctos procedimientos de implementación dentro de un proyecto.

Puesta en marcha o equipo de test & commissioning: Interventoría especial encargada de la realización de pruebas y control de errores, respecto de la funcionalidad y cumplimiento cabal del alcance completo de un proyecto para su posterior entrega a satisfacción.

Interventoría: Equipo de profesionales especializados en disciplinas técnicas para el seguimiento, dirección, y control de la ejecución de cada uno de los hitos de un proyecto. Realiza control de presupuesto y recursos y de acuerdo a la disciplina o especialidad, genera control de cumplimiento de hitos y alcance del proyecto, medición de indicadores, y presenta reportes de gestión y documentación a la auditoría externa de proyectos. Documenta y socializa actualizaciones de cronograma, reportes de gestión, bitácoras, y es responsable de la elaboración de dossier según la disciplina de interés. El interventor sirve como un auditor externo o interno que hace seguimiento y control a las actividades realizadas dentro de un proyecto ya sean realizadas por un contratista externo o por la misma compañía a la que pertenece, trabaja de la mano con los ingenieros de proyecto.

Producción: Ingeniero normalmente asociado con el área industrial y enfocado a actividades de Instrumentación y Control, análisis y diseño de sistemas y control de procesos, supervisión de sistemas de control y SCADA. Debe mantenerse actualizado en cuando a tecnologías y equipos, presentar propuestas de mejora de los procesos de la compañía por medio de la implementación de soluciones y adquisición de equipos, mantener documentación actualizada de los sistemas y manejar recursos y personal.

Mantenimiento: Ingeniero encargado de los planes de mantenimiento preventivo y correctivo, programados y no programados. Responsable del manejo de recursos y personal de mantenimiento, análisis y optimización de procedimientos, así como de su debida documentación por medio de bitácoras, órdenes de trabajo y reportes de cumplimiento. El ingeniero de mantenimiento debe preservar y controlar la calidad

en sus procedimientos, así como tener conocimiento de los sistemas implementados para la rápida detección y solución de fallas.

Soporte Técnico: Ingeniero responsable de la gestión y solución de incidencias y requerimientos de los clientes sobre los servicios contratados con la Compañía, dentro de unos acuerdos de cumplimiento de tiempos de respuesta y resolución establecidos contractualmente. Es el profesional encargado de capacitar y generar acompañamiento a los usuarios de equipos, tecnologías y sistemas. El ingeniero de soporte es constantemente medido respecto a la gestión y satisfacción del cliente, y debe tener un manejo detallado de los procedimientos de resolución de problemas y configuraciones, realizando una clara documentación de sus actividades. Dentro de este rol es importante el manejo y capacitación en procedimientos y buenas prácticas en Soporte Técnico como las emitidas por ITIL, y dependiendo de la especialidad técnica del soporte, se encontrarán otro tipo de certificaciones y capacitaciones específicas.

Especialidades: Encargado del manejo de proyectos y configuraciones especiales relacionados con el dominio específico y detallado de equipos, líneas de productos y/o softwares de configuración. Puede también estar encargado de generar la documentación (manuales, instructivos), propios de dichas líneas de productos, y textos de apoyo en capacitación. De la misma manera, es capaz de dirigir capacitaciones al cliente interno y externo. Puede ser requerido por diferentes áreas o proyectos de diferente naturaleza para el desarrollo especializado de aplicaciones con los equipos y sistemas que son de su dominio.

Ingeniero Comercial: Ingeniero encargado del análisis de requerimientos de parte de un cliente para la generación de ofertas de servicios y/o soluciones en electrónica. Genera y revisa propuestas técnicas y económicas de acuerdo a la necesidad planteada, y tiene un amplio manejo técnico de productos y servicios. Mediante sobresalientes competencias comunicativas, establece relaciones comerciales, ya sean con el cliente interno o externo.

Diseño y desarrollo: Ingeniero con grandes habilidades de análisis y competencias destacadas en el desarrollo de firmware y hardware. Un ingeniero de Diseño y Desarrollo debe estar en la capacidad de analizar una problemática y generar un producto o solución para dicha problemática haciendo uso de sistemas electrónicos. Dentro del proceso de desarrollo se deben respetar diferentes parámetros de diseño y operación, generarse prototipos y productos finales de la mano con otras áreas. También se debe velar por la correcta documentación de proyectos, manuales, bitácoras y planes de pruebas y localización de fallas en los sistemas y/o equipos desarrollados. Teniendo en cuenta la naturaleza de este rol, el control y aseguramiento de la calidad es un elemento vital. Este profesional debe mantenerse en investigación y actualización continua de tecnologías, lenguajes de programación, entre otros.

Supervisión Operativa: Ingeniero de campo adaptado al manejo de personal de ejecución. Se encarga de gestionar y velar por el cumplimiento de órdenes de trabajo, control de almacén y presupuesto. Maneja la disponibilidad del recurso humano operativo, manteniendo un cronograma de trabajo y actividades y haciendo seguimiento de la ejecución de las mismas a través de las bitácoras diligenciadas por el personal a cargo. De la misma manera, documenta, evalúa y maneja indicadores de cumplimiento. Se requiere de habilidades fuertes de liderazgo y comunicación para ejercer este rol.

Docencia e investigación: Ingeniero especializado en proyectos de investigación de vanguardia y la formación académica de profesionales en los niveles de posgrado y de licenciatura. El perfil de este ingeniero es eminentemente investigativo, debe caracterizarse por el análisis continuo de problemáticas y la contribución original de publicaciones científicas, ponencias, conferencias y documentación en general en sus áreas de especialidad. Se requiere de una amplia preparación en los fundamentos de la ingeniería electrónica y un dominio de las habilidades necesarias para comunicar sus actividades a los demás. Igualmente, debe poseer un sólido

entendimiento de matemáticas y física. En este rol se debe realizar investigación y capacitación continua a través de especializaciones, posgrados, maestrías, doctorados y participación en congresos, seminarios, cursos, entre otros.

IT (Tecnologías de la Información): Ingeniero de diseño y montaje de interfaces basadas en software y redes de comunicaciones. Profesional administrador y responsable de la gestión de software y equipos de cómputo y garante de la disponibilidad del servicio. Lidera o participa de la mesa de ayuda en respuesta a cada requerimiento o incidente del cliente interno o externo, y genera la documentación requerida para el mejoramiento continuo del proceso.

Por otra parte, estudios como el realizado por Ortegón en 2018, muestran la importancia del fortalecimiento de las competencias humanística en los profesionales en Ingeniería Electrónica de forma complementaria a su formación académica, y la relevancia que este tema va ganando en las diferentes Universidad dentro del contexto colombiano. Este estudio concluye sobre la obligación que tienen las Instituciones Educativas en la formación humanística de los ingenieros electrónicos en los siguientes campos [15]:

- Como profesión: Se debe garantizar la adquisición de conocimientos en filosofía, lenguaje y matemática, ciencias, tecnología y gestión, y que se tomen en consideración los factores humanos, éticos, legales, técnicos, ambientales y económicos. La labor del ingeniero electrónico no debe limitarse a la satisfacción de necesidades y deseos, sino también velar que los productos y servicios ejecutados mejoren las facultades personales, faciliten la adaptación al medio ambiente y disminuyan las perturbaciones de la vida o reduzcan los riesgos.
- En formación: Se debe proveer un campo amplio y característico en conocimientos sobre filosofía, ciencias formales, lenguaje y comunicación, que ayuden a precisar fines, desplegar pensamientos, representar objetos o comunicar ideas. Esto con el objetivo de proveer al profesional con las

competencias requeridas para la formulación y resolución de problemas por medio de conceptos numéricos, geométricos y estadísticos; y propender por la expresión y redacción clara de ideas, formulación de hipótesis y modelado de situaciones con argumentos científicos que den soporte para planificar, diseñar, dirigir y administrar proyectos de desarrollo, procesos productivos, investigaciones o proyectos multidisciplinarios.

- En competencias ciudadanas: Se deben formar personas sensibles y autónomas, que participen activa y armónicamente tanto en la producción como en el goce y el disfrute de lo cultural, estético, ambiental y social. Capaces de apreciar y valorar las diversas formas de expresión humana y reconocer los contextos de donde provienen.

Es claro que, en la constante evolución de la Ingeniería Electrónica, las tecnologías y teorías aprendidas durante la formación profesional variarán en el tiempo, y en muchas ocasiones en el campo laboral el egresado se encontrará con equipos, tecnologías y temáticas completamente desconocidas. Para esta y otras muchas situaciones son mucho más relevantes las competencias no técnicas como el análisis, el aprendizaje rápido y la adaptación, que el propio conocimiento técnico. Teniendo en cuenta esto, a continuación, se listan algunas competencias no técnicas que es importante que sean cultivadas y desarrolladas por los profesionales en Ingeniería Electrónica para garantizar un desempeño pleno cualquiera que sea el área de aplicación o el rol desempeñado:

- Aprendizaje rápido y autónomo.
- Atención al detalle.
- Pensamiento analítico.
- Competencias comunicativas.
- Idiomas.
- Adaptación y flexibilidad.
- Manejo de Sistemas de Gestión.
- Habilidades administrativas.

- Trabajo en equipo.
- Orientación al cumplimiento de metas.
- Inteligencia emocional.

2.2 Empleabilidad

El Ministerio de Educación Nacional ha puesto a disposición de la ciudadanía, herramientas como el Observatorio Laboral para la Educación (OLE), un portal web donde es posible consultar información de seguimiento a los graduados de educación superior, permitiendo revisar el número de graduados por año, oferta regional por programa, por institución educativa, e información más específica respecto a la vinculación laboral de recién graduados y vinculación laboral general. Haciendo uso de esta herramienta, que cuenta con datos específicos de vinculación laboral actualizados hasta 2016, fue posible establecer que la tasa de cotizantes para ingenieros electrónicos está en promedio en 80% y la vinculación laboral tiene un Ingreso Base de Cotización (IBC) promedio de \$1.857.101. Por otra parte, la vinculación laboral en 2016 (dato actualizado en 2017) para recién egresados en 2015 fue en promedio del 86%, con un IBC promedio de \$1.857.101 [16].

Como se mencionó anteriormente, el Ministerio de Educación Nacional reporta que entre 2001 y 2017 se graduaron 41.897 ingenieros electrónicos en Colombia, 34.834 hombres (83%) y 7.063 mujeres (17%). En 2018 se graduaron 2591 ingenieros electrónicos, 2225 hombres (86%) y 366 mujeres (14%) [2]. Si se mantuviese el porcentaje de vinculación laboral de recién egresados en 2015, implicaría que, de estos 2591 ingenieros recién egresados, 2228 se encontrarían vinculados laboralmente el año siguiente a su graduación, mientras que 363 egresados se encontrarían desempleados. Se puede concluir que la tasa de vinculación laboral es alta respecto a otras disciplinas profesionales.

En 2018, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) publicó un boletín Nacional en el cual indicó que del total de empleos ofrecidos en 2017

(1.638.903), el 9.8% fueron para programas de Ingeniería, Industria y Construcción [17].

De forma más específica respecto a la Ingeniería Electrónica, el informe de tendencias de empleo emitido por El Empleo.com para el segundo trimestre de 2019, indica que los ingenieros electrónicos ocuparon el noveno puesto dentro de las 10 profesiones con más ofertas de empleo, con un total de 3.925 ofertas en el trimestre, para un promedio de 1.308 ofertas mensuales [18].

Tabla 1. Las 10 profesiones con más ofertas en el segundo trimestre de 2019 en Colombia.

Profesión	Número de ofertas totales Segundo trimestre de 2019	Promedio mensual de ofertas
Administración de empresas	21,322	7,107
Ingeniería industrial	10,364	3,454
Ingeniería de sistemas – Computación	9,847	3,282
Administración de negocios	6,286	2,095
Contaduría	6,082	2,027
Ingeniería de telecomunicaciones	4,560	1,520
Administración financiera	4,415	1,471
Economía	4,253	1,417
Ingeniería electrónica	3,925	1,308
Publicidad y mercadeo	2,610	870

Fuente: El Empleo

Tomado de: Informe de Tendencias Laborales, Segundo Trimestre de 2019.

Disponible en: http://contenido.elempleo.com/mailperso/email-informe-tendencias-laborales-1-trimestre-2019/informe_tendencias_laborales-2019-2.pdf

Los datos consultados presentan buenos indicadores de oferta y demanda respecto a los ingenieros electrónicos, pero es necesario que se cuente con más información acerca de los roles ejecutados por dichos profesionales, subdisciplinas y áreas de la Ingeniería Electrónica implicadas, satisfacción general de los profesionales con sus empleos y distribución geográfica de las ofertas de empleo, entre otros.

2.3 Industria Electrónica

El Departamento Nacional de Planeación (DNP) define la Cadena Productiva Electrónica y Telecomunicaciones como la parte del sector de la electrónica, la informática y las telecomunicaciones que reúne todas aquellas actividades de investigación, desarrollo, fabricación, integración, instalación y comercialización de componentes, partes, subensambles, productos y sistemas físicos y lógicos, fundamentados en la tecnología electrónica.

Esta cadena tiene vínculos con otras, principalmente con la de metales, la de plásticos, y la de maquinaria y equipo eléctrico, a través de los insumos necesarios para la producción de los equipos electrónicos. Así mismo afecta otras cadenas, al estar estrechamente ligada con la modernización, tecnificación y sistematización de los demás sectores productivos de la economía, de los que hacen parte las demás. La electrónica ha adquirido importancia en áreas como la automatización industrial y las telecomunicaciones, y se ha convertido en prioridad y elemento estratégico en el ámbito internacional debido a las posibilidades que ofrece para el mejoramiento de procesos.

Los principales eslabones de esta cadena productiva se clasifican dentro de los siguientes niveles:

Nivel 1: Insumos básicos. Incluye los productos a partir de los cuales se construyen los equipos electrónicos. Los insumos básicos agrupan los siguientes eslabones: Componentes electrónicos, materiales conductores y semiconductores, partes y accesorios, cajas y racks, antenas para telecomunicaciones, componentes eléctricos y cables para comunicaciones.

En este nivel la cadena electrónica se integra con otras; los productos de cajas y racks, partes y accesorios, y antenas provienen de las cadenas de metales y de plástico principalmente, mientras que los componentes eléctricos y cables para comunicaciones pertenecen a la cadena de maquinaria y equipo eléctrico.

Nivel 2: Productos intermedios. Productos intermedios son los productos de subensamble, eje central en la fabricación de los equipos electrónicos. Muchas empresas diseñan y producen los circuitos electrónicos para sus propios productos, pero la tendencia mundial es la de trabajar con empresas de subensamble o maquiladoras, lo cual es especialmente cierto en la producción de equipos de informática. Los dos eslabones en este nivel son circuitos electrónicos y partes y tarjetas para computadores.

Nivel 3: Productos finales o terminados. En este nivel se encuentran los eslabones que contienen los productos listos para salir al mercado. A este pertenecen cinco eslabones, los cuales por participación en la industria son los más importantes de la cadena; estos son equipos de instrumentación y control, de electrónica de potencia, de telecomunicaciones, computadores y equipos para el tratamiento de datos, y de electrónica de consumo.

Nivel 4: Integración de sistemas. Los sistemas integrados, resultantes de la integración de subensambles y productos de niveles anteriores mediante el diseño, se pueden clasificar en sistemas de automatización industrial y en redes de telecomunicaciones. La integración de sistemas es un elemento transversal a lo largo de toda la cadena, ya que son procesos que van más allá del ensamble de unos productos, proveyendo una serie de servicios que añaden valor. No son productos como tal, y por lo tanto no se consideran dentro de los eslabones que han de ser analizados. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que son servicios fundamentales tanto para esta como para las demás cadenas, debido a la importancia de la modernización, tecnificación y sistematización necesarias en cada sector productivo de la economía.

El DNP [19] suministra información acerca del desempeño anual de esta cadena productiva, dicha información es útil para Empresarios actuales y futuros para definir

líneas de especialización en la producción y tener claridad sobre el panorama de la Electrónica en el país.

En 2017, la cadena productiva Electrónica y Telecomunicaciones contaba con 120 establecimientos, correspondiente al 1.33% del total de establecimientos del país. De estos 120 establecimientos, el 27% correspondía al eslabón de Partes y Accesorios, el 23% a Cajas y Racks, el 19% a Antenas para Telecomunicaciones y el 17% a Equipos de Instrumentación y Control.

En ese mismo año, la cadena tuvo un valor de 228,145,215 miles de pesos por producción en fábrica. La Tabla 2, que se presenta a continuación, muestra la división de dicha producción por eslabón, identificándose que la mayor producción se concentra en Antenas para Telecomunicaciones y Partes y Accesorios.

Tabla 2. Valor producción en fábrica (miles de pesos) por eslabón para la cadena productiva Electrónica y Telecomunicaciones según el DNP.

Principales variables cadena Electrónica y Telecomunicaciones (2012-2017)						
Nombre eslabón	Valor producción en fábrica (miles de pesos)					
	2012 ²	2013 ²	2014 ²	2015 ²	2016 ²	2017 ²
Antenas para telecomunicaciones	46,883,624	40,938,378	53,816,196	62,787,943	123,298,428	101,179,014
Cajas y racks	10,819,675	10,736,739	9,957,446	10,133,977	15,579,050	14,960,441
Circuitos electrónicos	1,193,689	352,034	485,103	1,480,761	1,004,883	2,740,059
Componentes electrónicos	8,554,826	6,034,787	5,833,491	3,445,624	6,788,333	8,943,580
Computadores y equipos para tratamiento de datos	n.d	2,626,318	3,785,757	3,159,075	2,772,269	3,100,511
Electrónica de consumo	2,485,469	2,821,426	n.d	n.d	n.d	n.d
Equipos de electrónica de potencia	29,901,867	18,601,284	25,204,837	24,915,253	16,948,685	15,413,919
Equipos de instrumentación y control	20,898,316	25,932,540	18,990,473	27,139,958	23,819,636	24,522,085
Equipos de telecomunicaciones	5,370,800	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Partes y accesorios	54,118,535	48,679,007	48,284,312	39,817,181	40,877,779	56,012,659
Partes y tarjetas para computador	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Total Cadena	180,226,801	156,722,513	166,357,615	178,184,587	239,189,151	228,145,215

Fuente: DANE-EAM

n.d: No disponible

2 Cifras sujetas a revisión y ajuste

Última actualización: Septiembre 17 de 2019

Disponible en: <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Paginas/analisis-cadenas-productivas.aspx> consultado en febrero de 2020.

Por otro lado, la cadena Electrónica y Telecomunicaciones produjo en 2017, 9.623 empleos, correspondiente al 1.35% del total de empleos por todas las cadenas productivas. La distribución de empleos por eslabón se muestra en la Tabla 3, la cual incluye los datos disponibles para la última década.

Tabla 3. Número de empleos por eslabón para la cadena Electrónica y Telecomunicaciones según el DNP.

Principales variables cadena Electrónica y Telecomunicaciones (2010-2017)								
Nombre eslabón	Empleo (personas) ¹							
	2010 ²	2011 ²	2012 ²	2013 ²	2014 ²	2015 ²	2016 ²	2017 ²
Antenas para telecomunicaciones	1,382	1,384	1,491	1,702	2,009	2,219	1,876	1,822
Cajas y racks	2,432	2,297	2,323	2,160	2,125	2,183	1,936	1,952
Circuitos electrónicos	171	181	224	201	234	252	256	274
Componentes electrónicos	164	140	123	117	114	134	175	171
Computadores y equipos para tratamiento de datos	63	n.d	n.d	84	110	116	130	121
Electrónica de consumo	929	844	749	776	n.d	n.d	n.d	n.d
Equipos de electrónica de potencia	442	403	399	375	378	408	397	371
Equipos de instrumentación y control	2,836	3,004	2,929	2,838	3,253	4,098	3,405	3,243
Equipos de telecomunicaciones	251	210	156	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Partes y accesorios	2,078	3,131	3,850	4,321	4,052	4,191	2,823	2,902
Partes y tarjetas para computador	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Total Cadena	8,630	9,618	10,412	10,789	11,202	12,429	9,889	9,623

Fuente: DANE-EAM

n.d: No disponible

1 La suma total del empleo en la cadena no es consecuente con la suma de trabajadores de los eslabones, dado que en general los trabajadores no se emplean en un solo eslabón de la cadena.

2 Cifras sujetas a revisión y ajuste

Última actualización: Septiembre 17 de 2019

Disponible en: <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Paginas/analisis-cadenas-productivas.aspx> consultado en febrero de 2020.

Cabe también mencionar, que de acuerdo al DANE, el Índice de Producción Industrial (IPI) tuvo una variación de 1.7% en 2019 respecto al índice en 2018, lo que implica una evolución positiva en los sectores de la Industria [20].

En materia de exportaciones, en 2018, las ventas mundiales por exportaciones de circuitos electrónicos totalizaron 715.6 billones de dólares americanos. Los proveedores asiáticos ocuparon el 86.7% de ventas, seguidos por Europa con 7.4% y Norteamérica con el 5.7%. Latinoamérica (excluyendo a México) ocupó el 0.02% del mercado [21].

A nivel mundial, Colombia se encuentra en el puesto 69 de los países con actividades de exportación de componentes de circuitos electrónicos con \$2 millones de dólares americanos, correspondiendo al 0.0003% del mercado. A nivel de Latinoamérica, Colombia cuenta con el 13% del mercado [22].

De acuerdo a OEC (Observatory of Economic Complexity), las exportaciones reportadas para Colombia en 2017 para las categorías maquinaria e instrumentos fueron de 1.05 Billones de dólares americanos, mencionándose a continuación los principales productos eléctricos y electrónicos: refrigeradores (11%), baterías eléctricas (10%), transformadores eléctricos (8%), cable blindado (6.1%), tarjetas de control eléctrico (3.5%), instrumentos médicos (2.9%) y circuitos integrados (2.4%), entre otros. El 95% de estas exportaciones son realizadas a Estados Unidos y el 5% restante se divide entre Costa Rica, Panamá y Ecuador [23].

De acuerdo al DNP [19], la cadena productiva de Electrónica y Telecomunicaciones, manejó en 2018 un total de exportaciones de 91,418,322 dólares, correspondiente al 0.77 % de las exportaciones del país. Dichas exportaciones se dividieron de la siguiente forma por eslabón:

Tabla 4. Exportaciones (dólares FOB) por eslabón para la cadena productiva Electrónica y Telecomunicaciones según el DNP.

Principales variables cadena Electrónica y Telecomunicaciones (2012-2018)						
Nombre eslabón	Exportaciones (dólares FOB)					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Antenas para telecomunicaciones	483,047	2,016,101	642,576	1,240,662	174,796	182,472
Cajas y racks	8,886	8,949	1,753	2,548	5,106	14,912
Circuitos electrónicos	8,830,019	15,894,607	23,342,143	27,974,037	25,061,296	23,247,743
Componentes electrónicos	11,781,193	11,338,743	16,516,993	17,614,385	19,221,288	20,366,650
Computadores y equipos para tratamiento de datos	6,636,490	9,154,869	5,525,506	6,564,160	4,575,171	6,805,125
Electrónica de consumo	2,940,631	3,309,095	3,401,484	3,339,095	2,113,955	2,065,039
Equipos de electrónica de potencia	3,208,638	4,479,082	2,100,234	1,074,671	1,178,749	537,050
Equipos de instrumentación y control	6,061,657	5,552,819	9,033,126	8,935,988	7,295,661	7,512,377
Equipos de telecomunicaciones	50,027,101	47,316,744	30,389,069	24,407,093	35,445,315	28,049,434
Partes y accesorios	461,700	620,090	801,089	636,325	505,071	540,709
Partes y tarjetas para computador	3,266,963	2,385,347	1,850,426	1,761,708	2,048,417	2,096,810
Total Cadena	93,706,323	102,076,446	93,604,399	93,550,672	97,624,826	91,418,322

Fuente: DIAN-DANE

Cálculos: DNP - DDE

n.d: No disponible

Última actualización: Septiembre 17 de 2019

Disponible en: <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Paginas/analisis-cadenas-productivas.aspx> consultado en febrero de 2020.

Cabe agregar que de acuerdo al estudio Colombia Manufacturing Survey, la adopción de técnicas y tecnologías de producción generalizadas en el país es baja [24]. Y en adición, según una encuesta realizada por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones se encontró que entre más pequeña es la empresa, más baja es la penetración de tecnologías avanzadas [25].

Aparte de las cifras presentadas respecto a la Industria Electrónica en Colombia, las cuales permiten determinar la participación de la misma en el mercado mundial, es también importante tener en cuenta las iniciativas del Gobierno Nacional para el mejoramiento de las oportunidades y productividad del sector privado. El Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 [26] en el Pacto por el emprendimiento, la

formalización y la productividad plantea que el país necesita retomar su potencial productivo, en aras que los emprendedores y el sector privado sean protagonistas en la generación de empleo. El apoyo a los emprendimientos se vuelve relevante en la medida que estas empresas contribuyen con nuevos productos, nuevos empleos y en la creación de nuevos mercados; y es por esta razón que el Gobierno Nacional busca dar mejores oportunidades de financiación y reducir los costos de formalización las micro, pequeñas y medianas empresas, de forma que se incremente la demanda laboral calificada y la productividad. Las iniciativas de financiamiento apuntan a que las nuevas empresas puedan innovar en productos y procesos, mejorando también la estructura productiva del país y la capacidad técnica de las empresas. De la mano, se plantean programas de adopción de conocimiento y tecnología e innovación empresarial, enfatizándose en la digitalización y las industrias 4.0 y brindando estímulos a la investigación y desarrollo privado en tecnologías y sectores de alto impacto.

Algunos objetivos y estrategias planteadas por este pacto son:

- Fortalecer el acceso al financiamiento para el emprendimiento y las mipymes.
- Mejorar la oferta de bienes públicos para la sofisticación del desarrollo productivo.
- Fortalecer la infraestructura de la calidad, como soporte para la sofisticación del desarrollo productivo.
- Fomentar la transferencia y adopción de conocimiento y tecnología orientada a la eficiencia en productos y procesos en las empresas.
- Promover el desarrollo y adopción de tecnología de frontera, buscando desarrollar las tecnologías asociadas a las industrias 4.0 (internet industrial de las cosas IIoT, big data, inteligencia artificial, robótica, manufactura aditiva impresión 3D, nanotecnología, materiales avanzados y compuestos y realidad virtual y aumentada).
- Diseñar, fortalecer e implementar instrumentos y mecanismos para promover la I+D+i

A nivel del departamento de Antioquia, se hace relevante tener presente lo propuesto por el Plan Departamental Ct+I: Activa Antioquia [27] el cual apunta en uno de sus apartes, a la asignación de recursos para el desarrollo de las competencias de innovación en empresas establecidas en el territorio a través del mejoramiento de la infraestructura para la innovación empresarial, con miras, entre otros objetivos, a que las empresas puedan producir bienes tecnológicos que actualmente son importados en sectores como energía, defensa, salud y vida y TIC. Esto generaría beneficios en el corto plazo a nivel nacional y posibilidades de expansión a mercados internacionales en el mediano plazo.

2.4 Ciencia, Tecnología e Innovación

El Índice Global de Innovación - Global Innovation Index (GII) es una medición que pretende definir la eficiencia de los esfuerzos realizados por un país en materia de Innovación y los resultados obtenidos. El GI define que un país cuenta con insumos tales como: Instituciones, Infraestructura, Sofisticación de negocios, Capital Humano e Investigación y Sofisticación de Mercados; y con base en estos insumos obtiene como resultados: Producción Creativa y Creación de Conocimiento y Tecnología.

En 2019, Colombia ocupó el puesto 67 a nivel mundial en el Global Innovation Index, con un desempeño medio y caracterizándose por tener mejores insumos que resultados. Las recomendaciones del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT) son que Colombia debe aprovechar sus capacidades y resultados en términos de producción creativa, creación de conocimiento y tecnología y capital humano e investigación. Esto se podría complementar con las iniciativas de fomento a la economía naranja como parte de los incentivos para mantener y mejorar estos resultados en el GI [28].

En materia de producciones científicas, según el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, en 2017, el 21.29% de las producciones científicas se

realizaron en el campo de Ingeniería y tecnología, lo que equivale a alrededor de 4250 producciones científicas entre publicaciones y otros [29]. De acuerdo al SJR (Scimago Journal & Country Rank) Colombia ha generado 99.301 publicaciones entre 1996 y 2018, ocupando el quinto puesto en producciones científicas en Latinoamérica y el puesto 50 a nivel mundial. De forma más específica, se reportan 579 publicaciones en ingeniería Electrónica y Eléctrica en 2018 y 4.333 publicaciones entre 1996 y 2018, ocupando el puesto número 5 de producciones de estas disciplinas en Latinoamérica y el puesto 59 a nivel mundial [30].

Por otro parte, el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, reporta en su libro de indicadores 2018 que las cifras de inversión en Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ACTI) han ido en aumento desde 2011, siendo el año con mayor inversión el 2013, donde la cifra fue 0,75% como porcentaje del PIB debido a la inclusión de recursos de CTel en el sistema general de regalías. Específicamente para 2018, la inversión en ACTI fue del 0,61% como porcentaje del PIB. Los sectores que más aportan a este indicador son las empresas (51,94% de la inversión en ACTI) y el sector público como presupuesto general de la nación y regalías (22,34% de la inversión ACTI) [31]. De forma comparativa, se menciona que el promedio mundial de inversión del PIB en ACTI en 2017 a nivel mundial fue de 2.4 % del PIB.

La perspectiva de crecimiento del país en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTel) se ve reforzada con la aprobación del Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2022, Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad, donde se evidencia la creación de nuevos instrumentos tributarios y financieros para que los entes públicos y privados del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, dupliquen la inversión actual en ACTI, hasta alcanzar la meta del 1,5% del PIB [32].

De forma más detallada, el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 [26] en el Pacto por la Ciencia, la Tecnología y la Innovación enfatiza en la importancia que tiene para el país invertir en CTel y enfocarse en la solución de problemas que requieren

diseños aplicados de CTel, a la vez que plantea que se deben fortalecer los programas de investigación de alto nivel y formar los investigadores y las competencias necesarias para la nueva economía del conocimiento. Con ese propósito, se busca el fortalecimiento de los sistemas nacionales y regionales de innovación, robusteciendo la institucionalidad, generando mayor articulación entre distintas instancias y dando mayor claridad en los roles y funciones de las diferentes entidades. Adicionalmente, se busca fortalecer la relación entre universidad y empresa para que la innovación resuelva de manera más efectiva los retos sociales y económicos del país.

Algunos objetivos y estrategias que plantea este pacto son:

- Consolidar un arreglo institucional para el fomento de la CTel.
- Promover la CTel como fundamento de la estrategia de desarrollo regional.
- Estímulo a la relación entre universidades y empresas.
- Aumentar la inversión pública en CTel nacional y regional.
- Aumentar la inversión privada en CTel con incentivos enfocados en solucionar fallas de mercado.
- Formación y vinculación laboral de capital humano especialmente para profesionales con estudios doctorales, con aras de aumentar el porcentaje de investigadores en el sector empresarial.
- Fomentar la generación de nuevo conocimiento con estándares internacionales.
- Explorar y acompañar la creación de unidades de innovación pública en el orden nacional y territorial.

El profesional colombiano debe también basarse en lo planteado por los planes y acuerdos estratégicos departamentales en CTel que involucran recursos destinados según los objetivos y capacidades de cada departamento.

Es de alta importancia que los profesionales y empresas de ingeniería electrónica se sumen a estas iniciativas de crecimiento, impulsando el crecimiento de la Industria Electrónica en el país y el desarrollo de productos propios mediante la innovación.

2.5 Tendencias

A nivel mundial, uno de los más importantes ejes de desarrollo es la implementación de la llamada Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial. El papel de la Ingeniería electrónica y las telecomunicaciones es vital dentro de dicha implementación, no solo dentro del contexto global sino también nacional. Para esto, es requerido que los profesionales de estas ramas se encuentren en constante capacitación en nuevas tecnologías, especialmente en lo respectivo a circuitos integrados, técnicas digitales y telecomunicaciones. Las empresas de desarrollo electrónico, distribución de equipos y prestación de servicios tienen la oportunidad de desarrollar y presentar propuestas de implementación de estas nuevas tecnologías al Sector Industrial colombiano.

La Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM) pronostica que las tendencias tecnológicas que marcarán el 2020 estarán enfocadas hacia los siguientes temas [33]:

- Inteligencia artificial (IA), es decir, software especializado que, soportándose en el análisis de datos y técnicas estadísticas y matemáticas, permitirá a las máquinas entender situaciones pasadas y presentes, así como determinar escenarios futuros, realizando procesos de toma de decisiones similares a los que ejecutan los seres humanos y que impactarán en la eficiencia de los procesos donde sean aplicados.
- Masificación del Internet de las Cosas (IoT) aplicado a la agricultura de precisión en temas relacionados con monitoreo y control inteligente de

cultivos (riego, temperatura, luz, humedad, presión atmosférica) con el uso de robótica, sensores, drones y automatización de procesos, entre otros.

- Energías limpias, diseño eficiente de paneles solares, sistema de baterías y elementos electrónicos de control para captación, regulación y consumo de estas. Vehículos eléctricos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la descarbonización del medio ambiente.
- Industria de Impresoras 3D.
- Tecnologías biométricas relacionadas con el reconocimiento facial y huella digital.
- Drones y vehículos aéreos no tripulados (UAV).

Por su parte, según el Reporte 2019 del GII (Global Innovation Index), algunos campos prometedores para la innovación médica y tecnológica son [34]:

- Dispositivos médicos.
 - ✓ Impresión 3D.
 - ✓ Dispositivos cardiacos.
 - ✓ Implantes y biónica.
- Imágenes médicas y diagnósticas.
 - ✓ Imágenes ópticas de alta definición y modelos anatómicos virtuales.
 - ✓ Biosensores y marcadores.
 - ✓ Gráficas 4D del cuerpo humano y realidad virtual.
 - ✓ Revisión de enfermedades.
- Medicina precisa y personalizada.
 - ✓ Cirugías asistidas por computador.
 - ✓ Robots de cirugía.
 - ✓ Medicina personalizada.
- Medicina regenerativa.
 - ✓ Ingeniería de tejidos.
 - ✓ Páncreas bioartificial.

- Innovación en organización y procesos.
 - ✓ Técnicas de Inteligencia Artificial para acelerar la investigación y pruebas clínicas.
 - ✓ Aplicaciones de Telemedicina.
 - ✓ Entrega de medicamentos usando drones.
 - ✓ Monitoreo remoto y portable.
 - ✓ Mejoras en el intercambio de datos.

Con referencia a las tendencias de la ingeniería electrónica a nivel nacional, es importante tener presente lo planteado por el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 [26] donde se refuerzan, en el Pacto por la transformación digital de Colombia, las ideas previamente presentadas respecto a la Industria 4.0, partiendo de garantizar el acceso de todos los ciudadanos a las TIC, y en particular a Internet de banda ancha de calidad. Para este primer objetivo, se debe dar solución a las limitaciones geográficas y socioeconómicas que impiden el acceso de los ciudadanos a estas tecnologías. Paralelamente se plantea la transformación digital de todo el país partiendo de la administración pública, el sector productivo y finalmente todo el país, mediante el uso inteligente de los datos.

De forma más detallada, este pacto busca crear condiciones que permitan la masificación de las TIC, por un lado, creando un fondo único para la promoción de las TIC y por otra parte mejorando la disposición de insumos para la conectividad y la velocidad de conexión a Internet. Esto está directamente relacionado con la asignación de la banda de 700 MHz en el espectro radioeléctrico, lo que permitirá el despliegue de la red 4G en todo el territorio; fomentándose también la modernización de las redes de telecomunicaciones móviles vigentes en el país hacia nuevas tecnologías. Paralelamente, las autoridades correspondientes diseñarán e implementarán un plan de desarrollo de las tecnologías móviles 5G, incorporando acciones para incentivar y masificar esta tecnología en Colombia. Desde otra perspectiva, el Gobierno Nacional busca reducir las barreras y acelerar

la inclusión social digital, incentivando y promoviendo el despliegue de redes para la población menos atendida.

El Pacto por la transformación digital de Colombia busca también promover la transformación digital sectorial a través de las siguientes estrategias y objetivos los cuales involucrarán directamente el ejercicio de la Ingeniería electrónica y las Telecomunicaciones:

- Construir una política de Estado para la transformación digital y la Cuarta Revolución Industrial.
- Promover la transformación digital del sector productivo.
- Masificar las herramientas avanzadas de gestión de información para la solución de problemas sectoriales que afectan directamente a la población.
- Apoyar el desarrollo de la industria de las tecnologías de la información.
- Implementar una política nacional para desarrollar el sector satelital.
- Definir lineamientos para construir territorios y ciudades inteligentes

A nivel del departamento de Antioquia, es muy importante tener en cuenta lo planteado en el Plan Departamental Ct+I: Activa Antioquia [27], donde se enfatiza en las oportunidades de dicho departamento en la producción de contenidos para e-health y movil health (mhealth), producción de equipos e insumos biomédicos de baja, media y alta complejidad, el de fármacos y el de tejidos y órganos. En lo respectivo a e-health y m-health se incluyen las aplicaciones de TIC para el sector salud, abarcando desde las actividades de asistencia directa del paciente hasta los procesos de soporte de la prestación del servicio, y también la integración de tecnologías móviles, computadores portátiles, sistemas GPS, telemedicina, y servicios de asistencia y monitoreo de pacientes a distancia.

Algunas aplicaciones mencionadas son:

- Sistemas de apoyo para la toma de decisiones clínicas.

- Aplicaciones para telemedicina.
- Sistemas de supervisión de pacientes a distancia.
- Bioinformática.
- Sistemas de diagnóstico usando realidad virtual.
- Información clínica digital y otras aplicaciones administrativas para el sector salud.
- Entretenimiento del paciente.
- Dispositivos de diagnóstico.

Por otro lado, en lo relacionado a la producción de equipos e insumos biomédicos de baja, media y alta complejidad, el plan departamental Ct+I: Activa Antioquia menciona las ventajas del departamento al contar con recurso humano capacitado para estas labores, la cultura de inversión en tecnología de los profesionales del sector salud, la fuerte red de instituciones prestadoras de servicios de salud y la creciente industria de producción de insumos biomédicos.

Activa Antioquia también se plantea fortalecer el aporte del sector de las TIC y el software en la economía nacional, invitando a la industria en TIC a su especialización y apertura a otros servicios y mercados más allá de lo doméstico, comercialización y soporte. Por esta razón, plantea las siguientes líneas de actuación:

- Redes Inteligentes Smart Grid.
- Desarrollo de sistemas embebidos.
- Contenidos y aplicaciones con énfasis en dispositivos móviles para: Salud y TeleSalud, Seguridad, TeleEducación, ID-TV.
- Tecnologías de última milla.

Finalmente, el Plan Departamental Ct+I de Antioquia plantea las oportunidades existentes en el área de la biotecnología, especialmente en el desarrollo de productos para las siguientes áreas:

- Biomedicina.
- Biotejidos.
- Bioingredientes (aplicación agrícola, pecuario y humano).
- Biofarmacia.
- Bioalimentos.
- Bioenergías.

3. Conclusiones

La Ingeniería Electrónica es uno de los programas de Ingeniería con mayor nivel de complejidad y especialización técnica, contando con múltiples líneas de acción que combinan diferentes ramas de conocimiento específico, y que son sostenidas por diferentes roles con responsabilidades variadas. El conocimiento y análisis de las posibles líneas de trabajo de esta Profesión, es una actividad de gran importancia para el futuro egresado y que debe ser constantemente realimentada y promovida por las Instituciones de Educación Superior.

La información consultada lleva a concluir que la perspectiva de empleabilidad para los ingenieros electrónicos en el contexto nacional es buena con respecto a otras disciplinas, pero no se cuenta con mucha información oficial que permita definir las principales áreas de aplicación de esta Ingeniería en Colombia ni los indicadores respecto a cada área. Existen claras falencias en la cantidad y claridad de la información disponible, no evidenciándose un seguimiento específico a las diferentes variables asociadas al ejercicio de la Profesión, que puedan servir como guía para la selección de especialización del futuro egresado, desarrollo de negocios del futuro empresario y la generación de mejoras en los programas académicos.

Por otra parte, la Industria Electrónica representa un porcentaje pequeño de la producción y exportación nacional en comparación a otros sectores. La principal desventaja en el contexto global está en la carencia de tecnologías, herramientas, materiales y mano de obra requeridos para la producción masiva de productos electrónicos y su competitividad frente a productos similares. Se requiere de mayor apoyo del gobierno a las iniciativas de Innovación y crecimiento de esta Industria, así como es importante que se genere un vínculo entre la Industria y la academia para la producción científica de estudios, productos y soluciones.

Por experiencia, es claro que, a diferencia del perfil de empleabilidad de un ingeniero electrónico en otros países, los empleos en Desarrollo Electrónico en Colombia son muy pocos, lo que se ve confirmado por el tamaño de la Industria Electrónica en el país. La mayoría de empleos disponibles van enfocados hacia el diseño de soluciones basadas en equipos existentes, asesorías comerciales, interventorías, gestión de proyectos y soporte técnico, por lo cual las Instituciones educativas deben reforzar las competencias requeridas para estos perfiles, generando espacios donde la Industria pueda realimentar a la Academia, para el beneficio mutuo a través del desarrollo de proyectos en conjunto. Se deben promover los espacios de aplicación práctica de la Ingeniería Electrónica por medio de experiencias que permitan al estudiante tener una visión más clara de la realidad laboral. De igual manera, se enfatiza en la importancia de fomentar el desarrollo de habilidades blandas tales como la adaptabilidad a sistemas, software y tecnologías, competencias comunicativas y administrativas, y el análisis detallado y a fondo de los problemas para generar soluciones, entre otros; habilidades que finalmente le permitirán al profesional la adaptación a cualquier tipo de nueva tecnología y tendencia de negocio.

Finalmente, se observa el esfuerzo del Gobierno Nacional en la implementación de planes de trabajo encaminados a la ciencia, tecnología e innovación, y de forma muy especial en lo referente a la Industria 4.0 y la ampliación de la prestación del servicio de TIC en todo el territorio colombiano. Es importante para el profesional en ingeniería electrónica mantenerse al tanto de los planteamientos del gobierno y apuntar en su ejercicio hacia estas metas para asegurar mayores posibilidades de financiación y apoyo.

4. Referencias

[1] Orozco, A., Bermúdez, C., Herrera, J. (2010). *Historia de la ingeniería electrónica. Catedra de teoría y filosofía del conocimiento. Santa Marta: Facultad de Ingeniería - Universidad del Magdalena.*

[2] Ministerio de Educación Nacional - Observatorio Laboral para la Educación OLE. *GRADUADOS EN EDUCACIÓN SUPERIOR - COLOMBIA 2018. Fecha de corte de la información: Junio de 2019. Disponible en: <https://ole.mineducacion.gov.co/>*

[3] García, A., Jiménez, J., & Pérez, C. (2006). *El perfil del ingeniero electrónico: competencias como una red de relaciones de actores oferta – demanda educativa. Revista Educación En Ingeniería, Vol. 1, Núm. 2, pp. 19-25. ISSN 1900-8260.*

[4] Rodríguez, H. (2013). *Trabajo de Grado: La pertinencia laboral del programa de ingeniería electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional de Bucaramanga desde la perspectiva de los recién graduandos. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11912/1041>*

[5] Viola, J., & Pinzón, O. (2018). *Análisis contextual y conceptual a nivel nacional e internacional para el mejoramiento de los programas de Ingeniería Electrónica en Colombia. Memorias: Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI – Gestión, Calidad y Desarrollo en las Facultades de Ingeniería, 2018. pp. 176-177. ISBN 978-958-680-084-6*

[6] ICFES – ACOFI. (2005). *Definición ingeniería electrónica (ICFES – ACOFI 1996, Actualización curricular Ingeniería Eléctrica – Electrónica, revisión 2005)*

[7] Departamento Administrativo Servicio Civil Distrital Bogotá. (2016). *Capacitación: Administración de contratos, supervisión e interventoría.*

[8] Project Management Institute. (2013) *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)*. Quinta Edición, pp. 3-18. ISBN978-1-62825-009-1.

[9] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (1932). *Conferencia Consitutuyente de la UIT, Madrid*.

[10] Anttalainen, T. (2003). *Introduction to Telecommunications Networks Engineering*. Second Edition, p.1. ISBN 1-58053-500-3.

[11] Creus, A. (2011). *Instrumentación Industrial*. Octava Edición, pp. 1-3. ISBN 978-607-707-042-9.

[12] Centro de Investigaciones en Bioingeniería – Universidad Autónoma del Caribe. (2012). *Áreas Clásicas de la Bioingeniería*.

[13] ICFES – ACOFI. (2005) *MARCO DE FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL Y ESPECIFICACIONES DE PRUEBA – ECAES INGENIERÍA ELECTRÓNICA – EXTRACTO*. Versión 6.0.

[14] Sadiku, A. (2002). *Fundamentos de circuitos eléctricos*. Primera Edición, pp. 75, 167, 243, 409, 607, 797, 837. ISBN 970-10-3457-0.

[15] Ortegón, E. (2018). *Importancia de las humanidades en los programas de formación del Ingeniero Electrónico en Colombia*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/20048>.

[16] Observatorio Laboral para la Educación, portal del Ministerio Nacional de Educación, consultado en febrero de 2020. Disponible en: <http://bi.mineducacion.gov.co:8380/eportal/web/men-observatorio-laboral/>

[17] DANE. *Boletín Nacional Saber para decidir 2018*. Disponible en:
<https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/sinidel/boletin-sinidel-2018.pdf>

[18] El Empleo. (2019). *Informe de Tendencias Laborales, Segundo Trimestre de 2019*. Disponible en: http://contenido.elempleo.com/mailperso/email-informe-tendencias-laborales-1-trimestre-2019/informe_tendencias_laborales-2019-2.pdf

[19] Departamento Nacional de Planeación, *Análisis Cadenas Productivas*. Visitado en febrero de 2020. Disponible en:
<https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Paginas/analisis-cadenas-productivas.aspx>

[20] DANE. (2019). *Boletín Técnico: Índice de Producción Industrial (IPI) Diciembre 2019*. Disponible en:
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ipi/bol_ipi_diciembre_19.pdf

[21] The World Factbook, *Field Listing: Exports – Commodities*, Central Intelligence Agency. Visitado en mayo 17 de 2019. Disponible en:
<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2049.html>

[22] Workman, D. (2019). *Top Surveying Equipment Exporters by Country*. Disponible en:
<http://www.worldstopexports.com/top-surveying-equipment-exporters-by-country/>
 Accesado en febrero de 2020.

[23] Simoes, A., Hidalgo, C. *The Economic Complexity Observatory: An Analytical Tool for Understanding the Dynamics of Economic Development*. Workshops at the Twenty-Fifth AAAI Conference on Artificial Intelligence. (2011). Visitado en febrero de 2020, disponible en: <https://oec.world/>

[24] Youtie, J. (2017). *Colombia Manufacturing Survey*. Enterprise Innovation Institute. Atlanta: Georgia Tech.

[25] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2017). *Encuesta del Observatorio de Economía Digital*.

[26] Departamento Nacional de Planeación. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, pacto por la equidad*.

[27] Gobernación de Antioquia. (2011). *Activa Antioquia Plan Departamental Ct+I*.

[28] Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología – OCyT. (2019). *Boletín de análisis de indicadores de ciencia, tecnología e innovación No. 1, septiembre de 2019 La Eficiencia de la Innovación en Colombia frente al mundo: Un análisis desde el Global Innovation Index, 2016 – 2019*.

[29] Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. *Distribución de la producción bibliográfica total de autores vinculados a la institución por año según Departamento y área OCDE 2007 – 2017*. Disponible en: <https://www.ocytt.org.co/>

[30] SCImago, (n.d.). *SJR — SCImago Journal & Country Rank [Portal]*. Tomado en febrero de 2020, disponible en: <http://www.scimagojr.com>

[31] Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2019). *Indicadores de Ciencia y Tecnología, Colombia 2018*. Disponible en: <https://www.ocytt.org.co/>

[32] Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2019). *La Ciencia, la Tecnología y la Innovación en el Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022*. Disponible en: https://minciencias.gov.co/sala_de_prensa/la-ciencia-la-tecnologia-y-la-innovacion-en-el-plan-nacional-desarrollo-2018-2022-0

[33] ACIEM. (2020). *Tendencias tecnológicas para 2020*, Publicado en *El Espectador* el 16 enero de 2020. Disponible en:

<https://www.elspectador.com/noticias/tecnologia/tendencias-tecnologicas-para-2020/>

[34] Cornell University, INSEAD, and the World Intellectual Property Organization. (2019). *The Global Innovation Index 2019: Creating Healthy Lives—The Future of Medical Innovation*. Duodécima edición. ISSN 2263-3693, ISBN 979-10-95870-14-2.