



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

La formación en ingeniería eléctrica en Colombia. Un asunto que debe llegar hasta lo ético

Noé Alejandro Mesa Quintero, Francisco López Gallego, Jaime Alejandro
Valencia Velásquez, Johnatan M. Rodríguez Serna

Universidad de Antioquia, Universidad EAFIT
Medellín, Colombia

Resumen

La construcción de los planes de estudio de los programas de Ingeniería Eléctrica en Colombia debe responder a un análisis concienzudo y consensuado de los conocimientos y habilidades que se requieren de los Ingenieros(as) Electricistas. En este artículo se hace una discusión acerca del proceso de análisis del contexto y construcción de la malla curricular, y se estudian las principales características de la mayoría de los programas de Ingeniería Eléctrica en Colombia. Se muestran y discuten los resultados de una Metodología Delphi usada para llegar a un consenso acerca de las habilidades blandas requeridas de los egresados del programa para el año 2030 y se propone su uso para los procesos de autoevaluación de los programas de Ingeniería Eléctrica.

Palabras clave: metodología delphi; ingeniería eléctrica; habilidades blandas

Abstract

The curriculum of the Electrical Engineering programs in Colombia must respond to a conscientious and consensual analysis of the knowledge and skills that are required from the Electrical Engineers. In this article, a discussion is made about the process of context analysis and construction of the curriculum, and the main characteristics of most of the Electrical Engineering programs in Colombia are studied. The results of a Delphi Methodology used to reach a consensus about the soft skills required of program graduates for the year 2030 are shown and discussed, and its use is proposed for the self-assessment processes of Electrical Engineering programs.

Keywords: delphi methodology; electric engineering; soft skills

1. Introducción

En la construcción de los planes de estudios de los programas de Ingeniería Eléctrica deben considerarse el contexto y tendencia social y económica de cada región, así como los conocimientos y habilidades; técnicas científicas y socio-humanísticas, que en el futuro se requerirán de los egresados. Además, el resultado deberá responder a un consenso requerido entre las distintas partes interesadas; a saber: egresados, estudiantes, profesores, empresarios, entes gubernamentales, entre otros.

En cuanto al contexto social y los requerimientos establecidos por los entes gubernamentales, las asociaciones de facultades y los ministerios de educación brindan guías y promueven parámetros comunes que permiten elaborar planes de estudio que respondan a las necesidades del medio. Un ejemplo de lo anterior es la declaración de Valparaíso (Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería, 2016), firmada por la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) en 2016 y en la cual se declararon las 10 competencias que todo programa de Ingeniería en Iberoamérica debe tener como “faro” para la formación, las cuales son:

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 y/o innovaciones tecnológicas.

Competencias Sociales, Políticas y Actitudinales

6. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
7. Comunicarse con efectividad
8. Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global
9. Aprender en forma continua y autónoma
10. Actuar con espíritu emprendedor

Otra parte importante del contexto, y que además permite avizorar tendencias, futuras competencias y líneas de ejercicio profesional, viene dada por los entes gubernamentales que se encargan de establecer la regulación y los planes de expansión y desarrollo de los sistemas eléctricos y de transición energética. Es así como en Colombia, en 2021, el Ministerio de Minas y Energía publicó el documento llamado: “Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia”, con el fin de generar una cultura relacionada con el consumo responsable de energía y de actualizar el sector eléctrico a las nuevas tecnologías (Ministerio de Minas y Energía, 2021). De lo anterior es claro que existen los lineamientos desde el Estado para que se alcancen los objetivos planteados en materia de transición energética, para lo cual los Programas de Ingeniería Eléctrica deberán plantearse una formación de capital humano que sea capaz de identificar las oportunidades que se presentarán en el 2030.



Este artículo se organiza de la siguiente manera, en el segundo apartado se presenta la relación entre el desarrollo del país y los programas de Ingeniería Eléctrica; en el tercer apartado se analizan las competencias y habilidades en las cuales actualmente hacen énfasis algunos programas de formación en Ingeniería Eléctrica en Colombia; en el cuarto apartado se estudian las habilidades y conocimientos que se requieren por parte de los Ingenieros Electricistas ; en el quinto apartado se analizan las habilidades blandas en las cuales debe hacerse, según un estudio, priorización durante la formación, y en los apartados 6 y 7, se discuten los resultados y presentan las conclusiones, respectivamente.

2. La Ingeniería Eléctrica y el desarrollo del país

Según el último reporte del *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, por sus siglas en inglés) existe un crecimiento de la temperatura promedio global desde la segunda revolución industrial, aproximadamente en 1850, cuando comenzó a cambiar el trabajo del hombre y los animales por máquinas de vapor, generalmente alimentadas por carbón (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021). Del mismo informe del IPCC puede deducirse que entre 1850 y 1950 la temperatura de la tierra aumentó casi un grado Celsius (1°C) y a partir de 1950 el incremento ha sido sostenido y llega a $1,5^{\circ}\text{C}$. A manera de ejemplo, la EIA (US Energy Information Administration) publicó en 2021 su reporte referente a las emisiones de CO_2 por subsector de consumo, allí se demuestra que las emisiones de CO_2 asociadas al subsector de los sistemas eléctricos viene incrementando, hasta la aparición de algunas subvenciones para la inclusión de tecnologías limpias como sistemas solares, eólicos, hidrógeno, entre otros, dentro de la matriz energética (Energy Information Administration, 2021).

Con la última publicación del Plan de Energético de Colombia, que se realizó en 2021, se busca generar una matriz energética para el país, en el largo plazo, que disminuya el consumo de los combustibles fósiles, integre las energías no convencionales (como el hidrógeno) y permita la disminución de gases de efecto invernadero (Unidad de Planeación Minero-Energética, n.d.). Este reto que se ha autoimpuesto el ente planeador en Colombia (la Unidad de Planeación Minero-Energética UPME), de la mano con el Ministerio de Minas y Energía, ha proyectado que para el 2030 se presenten las grandes transformaciones que se requieren. En la Figura 1 se presentan los cuatro escenarios que se proyectan para el año 2030, en el cual se tiene un crecimiento similar al presentado en años anteriores, con tan solo una actualización de equipos (línea verde); el escenario donde se aplique la modernización de los equipos que más producen gases -tales como camiones y buses- (línea azul); un escenario de inflexión en el que se integre la modernización y el cambio de tecnologías (línea amarilla), y un escenario -que la UPME llama de disrupción- en el que no sólo se haga el recambio y modernización, sino que se integren tecnologías que puedan atrapar estos gases y se tenga de paradigma la sostenibilidad ambiental en todos los sectores de la economía (línea verde oscuro).



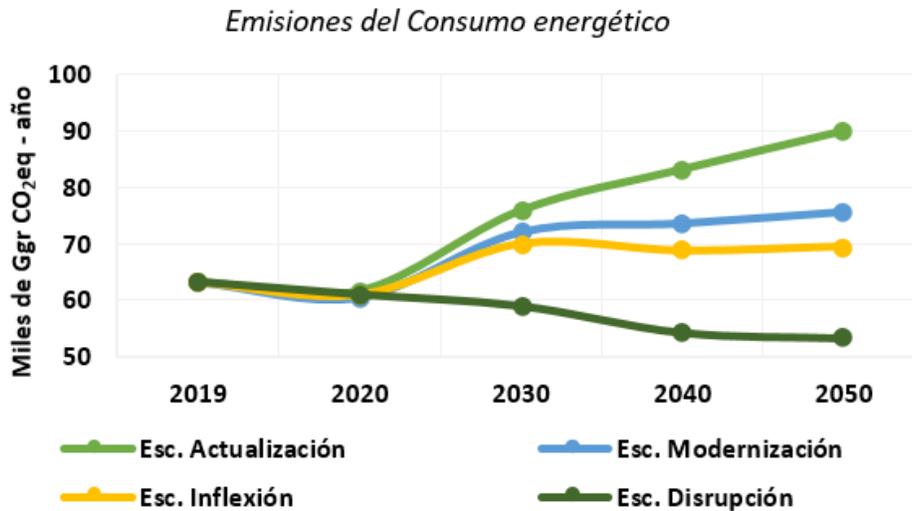


Figura 1. Proyección de las emisiones del consumo energético.
 Nota: fuente <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/PEN.aspx>

Se destaca que el desarrollo del país va acompañado de unas políticas y estrategias que permiten un uso eficiente de la energía, como el propuesto por el Plan Energético Nacional (Unidad de Planeación Minero-Energética, 2020), que demuestra el compromiso que tiene el país para actualizar la matriz energética, con nuevas tecnologías, eficientes y amigables con el medio ambiente.

3. Formación de Ingenieros Electricistas en Colombia

Andrés Oppenheimer en su libro *Sálvese Quien Pueda*, haciendo referencia a Julio Frenk, presidente de la Universidad de Miami, indica que la educación debe enmarcarse en tres diferentes niveles de los aprendizajes, el informativo, el formativo y el transformativo; este último es el que buscará formar estudiantes como agentes de cambio, con la capacidad de entender los problemas del mundo y la habilidad para liderar las transformaciones que se necesitan (Oppenheimer, 2019).

La formación en Ingeniería Eléctrica en Colombia se puede distribuir en cuatro grandes grupos de asignaturas, a saber: Fundamentación Físico-Matemática (FFM), Fundamentación en Habilidades Blandas (FHB), Fundamentación en Ingeniería Eléctrica (FIE) y Ciclo Profesionalizante (CP). Después de analizar los planes de estudio de 19 de los 24 programas, se obtuvo en promedio la distribución que se muestra en la Figura 2 a). En la Figura 2 b), se muestran los valores promedio del número de asignaturas en cada categoría, así como sus máximos y mínimos.



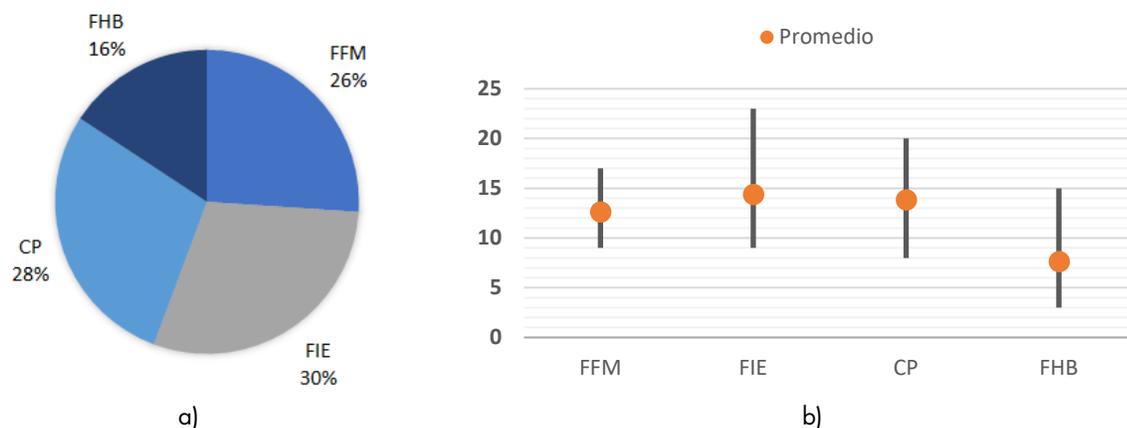


Figura 2. Distribución del contenido de los planes de estudio de los programas de Ingeniería Eléctrica analizados. a), Distribución porcentual y b), distribución de asignaturas con máximos y mínimos.

En la Figura 2 a) puede verse que el énfasis de la formación se da en la Fundamentación en Ingeniería Eléctrica y el Ciclo Profesionalizante, corresponden al 58 % en promedio. Adicionalmente, las asignaturas asociadas a la Fundamentación Físico-Matemática corresponden en promedio a un del 26 % del total, mientras que las asociadas a Fundamentación en Habilidades Blandas se acercan al 16 %. Es evidente, a partir de lo anterior, que durante el proceso de formación en Ingeniería Eléctrica se busca que los estudiantes adquieran principalmente los conocimientos técnicos y científicos requeridos para el ejercicio profesional, relegando la Formación en Habilidades Blandas y causando que las mismas no sean motivo de formación durante el proceso universitario.

Por otro lado, en la Figura 2 b) se puede observar la gran dispersión que existe entre los diferentes planes de estudio, muy notorio en el caso de la Fundamentación en Habilidades Blandas. Esto puede explicarse sobre todo por la estrategia de diferenciación y los perfiles de egresados que cada institución promueve. Una dispersión similar se encontró en el número total de asignaturas que los estudiantes deben completar dentro del programa de formación, que en promedio son 49, con un mínimo de 36 y un máximo de 58. Esto último no solamente se puede explicar por el perfil de egresados sino además por los requerimientos y condiciones establecidos por los procesos de autoevaluación y acreditación a los cuales se han sometido varios programas.

4. Necesidad de formación para Ingeniería Eléctrica en el 2030

Las brechas entre la academia y las necesidades de la industria vienen siendo analizada desde distintos enfoques, resaltando especialmente el estudio realizado por el CIDET, en 2017 (Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico, 2017), en el que se resalta que:

“Las brechas de capital humano identificadas para el área de cualificación de Electricidad y Electrónica, sin duda, son un elemento fundamental para reconocer las señales de desajuste entre la demanda laboral y la oferta formativa presente en cada una de las regiones analizadas. Esta información, permite vislumbrar que tanto desde la formación se está contribuyendo a la productividad y competitividad de las empresas, y al mismo tiempo, hasta qué punto es una herramienta

efectiva para facilitar el acceso a más oportunidades de empleo y mejora de los ingresos de la fuerza laboral colombiana.

“(…) En relación con las brechas de calidad, se identifican brechas de conocimientos en el entorno del negocio, marco regulatorio y habilidades comerciales. También se identifican brechas en conocimientos de mercado tarifario y operación en la bolsa. Se encuentran falencias en la formación de regulación del sector eléctrico y en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)”.

Ahora bien, para atender brechas, que se pueden llevar a proyectos, planes y estrategias para las actualizaciones de los planes de estudio, se requiere de un grupo de profesores comprometido y motivado en su labor académica e investigativa, y que participe de la definición de la reestructuración académica, sintiéndose líderes de los cursos que sirven en las universidades (Adán, 2006; Bolívar, 2011; Díaz Rosas et al., 2019; Macías Arias et al., 2018).

En el marco de una investigación que se viene desarrollando entre las Universidades de Antioquia y EAFIT, cuyo núcleo central es el liderazgo en los programas de Ingeniería Eléctrica en Colombia, se ha buscado determinar las necesidades de formación de los profesionales de Ingeniería Eléctrica en Colombia para el 2030 mediante la aplicación de la metodología Delphi¹. Para ello, en la primera etapa fueron consultados 53 expertos entre académicos, investigadores y representantes de la industria, como se muestra en la Figura 3.

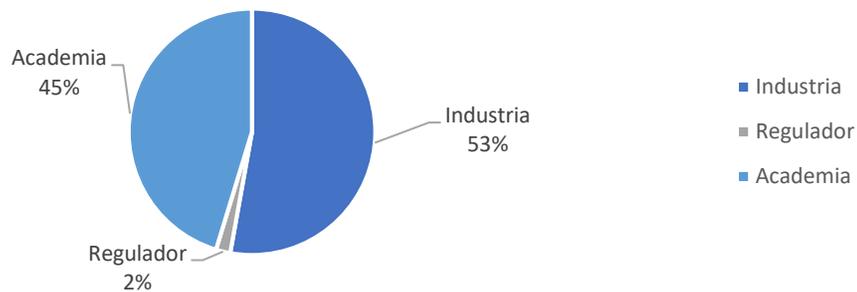


Figura 3. Población consultada.

A los expertos se les consultó sobre las cinco principales temáticas que deberían saber los egresados de Ingeniería Eléctrica para el año 2030. Las respuestas obtenidas (Figura 4) fueron procesadas y agrupadas, en cinco grupos, así: Fundamentación en Ingeniería Eléctrica; Transición Energética; Transformación Digital; Formulación, gestión y evaluación de proyectos; y Habilidades blandas.

¹ La metodología Delphi fue aplicada por primera vez en 1964, en el artículo de Gordon y Helmer-Hirschberg, llamado Report on a Long-Range-Forecasting Study, para el pronóstico de avances científicos en tecnologías para la física y la biológica, crecimiento de la población mundial, innovaciones en automatización, avances en las tecnologías espaciales, nuevos sistemas de armas y causas y prevención de guerras (Ament, 1970).



industria y la Universidad, identificando las habilidades blandas que deben poseer los egresados de Ingeniería Eléctrica en 2030, para afrontar las tareas que la Transición Energética del país requiere en el año 2030.

Una vez hecha la selección de las Habilidades Blandas a partir de los resultados de la primera etapa (Tabla 1), se consultó nuevamente a los expertos y se les solicitó la calificación, entre 1 y 10, de las habilidades descritas por ellos mismos, con base en el nivel de importancia que daban a cada una. En la Figura 5 (a) se presentan los resultados de esta calificación y la desviación estándar de los resultados Figura 5 (b). Nótese como la Ética profesional es la más votada en promedio, mientras que la desviación estándar calculada para esta misma habilidad es la segunda de menor valor, lo cual indica que hay convergencia en esta respuesta; en otras palabras, para los expertos consultados, la Ética profesional es la principal habilidad blanda que deben tener los egresados.

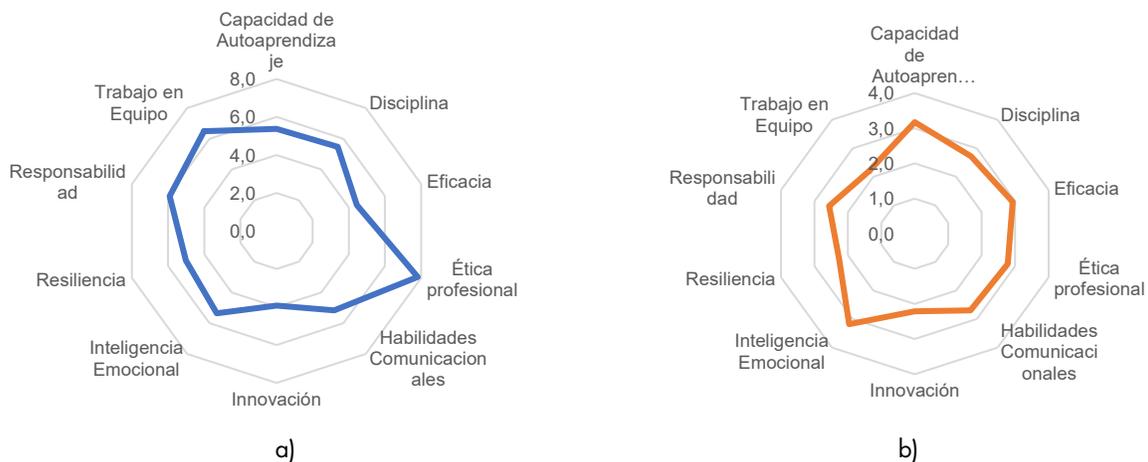


Figura 5. Clasificación de los resultados relacionados con las habilidades blandas. a), Promedio de las respuestas y b), Desviación estándar de los promedios.

6. Discusión de los resultados

Es posible simplificar el panorama internacional bajo tres fuerzas impulsoras principales: el cuidado del medio ambiente, el mercado global y la ley de Moore (Friedman, 2018). Estas tres fuerzas no pueden analizarse de forma independiente, puesto que cuidar el medio ambiente se hace como ejercicio de mercado global, las principales empresas invierten en desarrollos que protegen el medio ambiente; el mercado global crece de forma exponencial en empresas de base tecnológica; para desarrollar equipos como celulares, computadores, entre otros, se requiere consumir recursos del medio ambiente. La interdependencia de estas tres fuerzas se puede analizar entre sí en cualquier dirección, pero lo interesante es que entre las tres impulsan el desarrollo de todos los proyectos de la sociedad (Oppenheimer, 2019).

Sin embargo, nada de lo anterior puede realizarse sin la participación de profesionales idóneos, con las competencias técnicas fundamentales para el desarrollo de la sociedad, y con altas competencias del ser. Las habilidades blandas cobran así una especial relevancia en la formación de los profesionales de Ingeniería Eléctrica en Colombia, teniendo en cuenta que la Ética Profesional es la característica con mayor relevancia para los expertos, seguido de las habilidades de Trabajo en equipo y Responsabilidad, Figura 5. Sin duda, esta calificación da indicios acerca del énfasis y contenido que los cursos de Fundamentación en Habilidades Blandas deben tener, máxime si tiene en cuenta que solo se dispone, en promedio, de 16 % de dedicación en el plan de estudios para este tipo de cursos.

Es de anotar que a partir de los análisis de los planes de estudio presentados en la sección 2 de este documento, se encontró que 9 de los 19 planes de estudio analizados incluyen asignaturas relacionadas con la ética profesional. Por su parte, 16 de los 19 programas incluyen asignaturas relacionadas con la formulación y gestión de proyectos, sin embargo, no es claro (a excepción de un programa) si las asignaturas hacen énfasis en el enfoque interdisciplinario y colaborativo requerido para la ejecución de los proyectos de ingeniería.

7. Conclusiones

Con base en los resultados se evidencia que son la ética y el trabajo en equipo las dos principales habilidades blandas que demanda el medio, lo cual se relaciona de forma directa con la ejecución confiable y efectiva de proyectos de ingeniería requeridos sobre todo en el sector público y privado.

Los resultados de los análisis de los planes de estudio de 19 programas de Ingeniería Eléctrica muestran que en el país existe una oferta diversa de perfiles de egresados, lo que permite generar personal formado en las diferentes áreas donde se requiere el ejercicio profesional de ingenieros electricistas. Además, si bien los conocimientos técnicos propios del ejercicio profesional de la ingeniería Eléctrica son necesarios, las habilidades blandas deben tenerse en cuenta en las actualizaciones de los planes de estudio

Si bien para los expertos la ética profesional y el trabajo en equipo son las principales habilidades blandas requeridas de los nuevos egresados de los programas de Ingeniería Eléctrica, la mayoría de los programas no incluyen una asignatura obligatoria de ética profesional y aunque casi la totalidad de programas incluyen cursos de formulación y gestión de proyectos, se requiere en estos un énfasis en el desarrollo de proyectos de manera colaborativa y en un marco interdisciplinario.

Los resultados obtenidos con este estudio servirán de insumo para la autoevaluación de los planes de estudios del programa de Ingeniería Eléctrica, teniendo en cuenta que estos resultados han tenido en cuenta la opinión de egresados, empleadores, investigadores y profesores.

Se ha podido verificar la efectividad de la metodología Delphi para generar consenso entre los expertos consultados y se muestra su utilidad dentro de los procesos de autoevaluación de los programas de Ingeniería Eléctrica.



8. Referencias

Artículos de revista

- Adán, E. (2006). Liderazgo renovador y esperanzador para construir la universidad del futuro. *Laurus. Revista de Educación*, 12(1315-883X), 170–179.
- Ament, R. H. (1970). COMPARISON OF DELPHI FORECASTING STUDIES IN 1964 AND 1969. *Futures*.
- Bolívar, A. (2011). Aprender a liderar líderes. Competencias para un liderazgo directivo que promueva el liderazgo docente. *Educar*, 47, 253–275.
- Díaz Rosas, F., Cuevas López, M., Fernández Cruz, M., Gijón Puerta, J., Lizarte Simón, E. J., Ibáñez Cubillas, P., el Homrani, M., Ávalos Ruiz, I., & Rodríguez Muñoz, R. J. (2019). Liderazgo y calidad en la Educación Superior. *EDMETIC*, 8(2), 52–72. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v8i2.12120>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate Change 2021 The Physical Science Basis Summary for Policymakers*.
- López Gallego, F. (2004). Dobles Sentidos y Connotaciones en el Discurso Administrativo Dispositivos de Poder en las Organizaciones. *AD-MINISTER*, 11–21.
- Macías Arias, E. J., Chum Molina, S. R., Aray Intriago, C. A., & Rodríguez Vera, C. J. (2018). Liderazgo Académico: Estilos y Perfiles de Gestión en las Instituciones de Educación Superior. *ReHuSo: Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales*, 3(e-ISSN 2550-6587), 59–70.

Libros

- Friedman, T. L. (2018). *Gracias por llegar tarde. Cómo la tecnología, la globalización y el cambio climático van a transformar el mundo en los próximos años*. Deusto-Grupo Planeta.
- Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico. (2017). *Diseño de las cualificaciones para el área de electricidad y electrónica*.
- Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería. (2016). *Competencias y Perfil del Ingeniero Iberoamericano, Formación de Profesores y Desarrollo Tecnológico e Innovación (Documentos Plan Estratégico ASIBEI)*.
- Oppenheimer, A. (2019). *¡Sálvese quien pueda! El futuro del trabajo en la era de la automatización (1st ed.)*. Penguin Random House.
- Unidad de Planeación Minero-Energética. (2020). *Plan Energético Nacional 2020-2050*.

Fuentes electrónicas

- La educación humanista en un mundo automatizado ~ Gabriel Sánchez Zinny ~ Infobae.com. (n.d.). Retrieved June 3, 2022, from <https://opinion.infobae.com/gabriel-sanchez-zinny/2015/08/17/la-educacion-humanista-en-un-mundo-automatizado/index.html>
- Ministerio de Minas y Energía. (2021). *Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia*. www.laimprentaeditores.com
- Energy Information Administration, U. (2021). *Annual Energy Outlook 2021 Narrative*. www.eia.gov
- Unidad de Planeación Minero-Energética. (n.d.). *Plan Energético Nacional*. Retrieved February 18, 2022, from <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/PEN.aspx>
- Versión Completa: David Bueno explica cómo cambia nuestro cerebro al aprender. - YouTube. (n.d.). Retrieved June 3, 2022, from <https://www.youtube.com/watch?v=nXQe715WBXs>



Sobre los autores

- **Noé Alejandro Mesa Quintero:** Ingeniero Electricista, MSc en Ingeniería, UdeA. Estudiante de MBA de la Universidad EAFIT. Jefe Departamento de Ingeniería Eléctrica UdeA.
- **Francisco López Gallego:** Psicólogo UdeA. PhD en Ciencias de la Administración, Universidad Ramón Llull, Barcelona. Profesor Titular Universidad EAFIT.
- **Jaime Alejandro Valencia Velásquez:** Ingeniero Electricista, MSc en Matemáticas, UnalMed. PhD en Ingeniería Eléctrica Universidad de Valencia. Profesor Titular UdeA.
- **Johnatan M. Rodríguez Serna:** Ingeniero Electricista, MSc en Ingeniería, UdeA. PhD Universidad Politécnica de Madrid. Profesor Asociado UdeA.

Agradecimientos

Los autores agradecen públicamente a todos los expertos que participaron en el proyecto, a las Universidades de Antioquia y EAFIT, y al Grupo de Investigación GIMEL.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

