

# ACIEM

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIEROS

Edición 159 ▲ Julio / Septiembre 2025 ▲ Licencia de Mingobierno No. 3974 ▲ Valor no Afiliados \$5.000 ▲ ISSN 0121-9715t

## Transformación con propósito: Ingeniería y liderazgo





Asociación Colombiana  
de Ingenieros

19 DE JULIO  
1957

68

19 DE JULIO  
2025

AÑOS

¡TRABAJANDO POR LA INGENIERÍA!

CUERPO TÉCNICO CONSULTIVO  
DEL GOBIERNO NACIONAL

(Ley 51 de 1986)



# ¿Buscas oportunidades profesionales en otro país?

Conoce y disfruta del Convenio ACIEM con la Orden de Ingenieros de Portugal (OEP)

Este beneficio reconoce los títulos profesionales de Ingenieros Afiliados y facilita el ejercicio profesional en Portugal. Encuentra los requisitos en [www.aciem.org](http://www.aciem.org)

**Contáctanos:** ☎ 320 389 96 45 ✉ [afiliados@aciem.org.co](mailto:afiliados@aciem.org.co)



Consejo Profesional  
Nacional de Ingenierías  
Eléctrica, Mecánica y  
Profesionales Afines



ORDEM  
DOS  
ENGENHEIROS



Asociación  
Colombiana  
de Ingenieros

# IPG 2025

INTERNATIONAL PIPELINE GEOTECHNICAL CONFERENCE



Organizan:



Asociación  
Colombiana  
de Ingenieros

7<sup>a</sup> CONFERENCIA INTERNACIONAL GEOTECNIA DE DUCTOS

**NOVIEMBRE**

**06 y 07**

**Bogotá D.C. - Colombia**

Centro de Convenciones ACIEM Calle 70 No. 9-10

**¡RESERVA ESTA FECHA  
EN TU AGENDA!**

**¡VIVE DE CERCA LA  
GEOTECNIA DE DUCTOS!**

**¡CONTÁCTANOS!**  (+57) 310 816 27 66 |  [comercial@aciem.co](mailto:comercial@aciem.co)

Por el país que queremos

# ¡Sí a la ética!



EJERCER LA  
INGENIERÍA CON  
**VERACIDAD** ES:

Promover la confianza en  
nuestras relaciones profesionales



EJERCER LA  
INGENIERÍA CON  
**INTEGRIDAD** ES:

Tener en cuenta  
la equidad de género  
en el ejercicio de la profesión



EJERCER LA  
INGENIERÍA CON  
**RESPONSABILIDAD** ES:

No sacrificar calidad  
o seguridad por precio



EJERCER LA  
INGENIERÍA CON  
**PRECISIÓN** ES:

Utilizar nuevas tecnologías  
con precaución y prudencia,  
validando los resultados

ACIEM apoya los Objetivos de Desarrollo  
Sostenible (ODS) de la Red Pacto Global de la ONU





ISSN 0121-9715t

### JUNTA DIRECTIVA 2025-2028

Carlos Arturo Cárdenas Guerra - **Presidente**  
 Gabriel Ricardo Bohórquez Betancourt - **Vicepresidente**  
 Marco Antonio Gómez Albornoz - **Fiscal**  
 Daniel Enrique Medina Velandia - **Presidente Anterior**

Antonio García Rozo, Daniel Antonio Flórez Pérez, Diego Escobar Sánchez, Eliana María Noriega Angarita,  
 Gabriel Sánchez-Sierra, Gustavo Zúñiga Cortés, Jaime Mauricio Arboleda López,  
 José Jesús Arias Orozco, Lorena Mercedes García Posada, Luis Alejandro Buitrago Botero,  
 Hernando Jaramillo Marín, Ramón de Jesús León Hernández.

Alejandro Gómez Cepeda - **Director Ejecutivo**

### PRESIDENTES CAPÍTULOS Y SECCIONALES

Eliana María Noriega Angarita - **ACIEM Atlántico**, Ramón de Jesús León Hernández - **ACIEM Bolívar**,  
 Adán de Jesús Bautista - **ACIEM Boyacá**, José Jesús Arias Orozco - **ACIEM Caldas**,  
 Lorena Mercedes García Posada - **ACIEM Seccional Cundinamarca**, Gustavo Zúñiga Cortés - **ACIEM Huila**,  
 Álvaro Antonio Ruiz Tarazona - **ACIEM Norte de Santander**, Luis Alejandro Buitrago Botero - **ACIEM Quindío**,  
 Alexander Molina Cabrera - **ACIEM Risaralda**, Diego Escobar Sánchez - **ACIEM Valle**

### DIRECTORES COMISIONES DE ESTUDIO

Lorena Mercedes García Posada - **Diversidad e Inclusión**, Hernando Jaramillo Marín - **Electrónica**,  
 Alexander Molina Cabrera - **Energía**, Germán Noguera Camacho - **Ética**,  
 Horacio Torres Sánchez - **Formación e Integración en Ingeniería**, Jairo Espejo Molano - **Infraestructura de Transporte**,  
 Juan Carlos Villegas Vera - **Mantenimiento y Gestión de Activos**, Raúl Augusto Junca Torres - **Promoción y Desarrollo**  
**Empresarial**, Carlos Alberto Silva Olarte - **Transformación Digital, Innovación y Nuevas Tecnologías**,  
 Jaime Mauricio Arboleda López y Jairo Flechas Villamil - **Reglamentos Técnicos de Construcción**

<p><b>DIRECTOR EDITORIAL</b> Antonio García Rozo</p> <p><b>COORDINADORA DE PRODUCCIÓN Y CONTENIDOS</b> Diana Patricia Castellanos Martínez</p>	<p><b>CONSEJO EDITORIAL</b> Antonio García Rozo Alejandro Gómez Cepeda</p> <p><b>PRODUCCIÓN PERIODÍSTICA</b> Diana Patricia Castellanos Martínez Carlos Alberto Espitia Otálora</p>	<p><b>DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN</b></p> <p><b>Diseño de Portada</b> Jorge Enrique Villamil Rojas Departamento de Comunicaciones ACIEM</p> <p><b>Fotografías</b> ACIEM/ Freepik/ Envato Elements</p> <p><b>Diseño y Diagramación</b> Jorge Enrique Villamil Rojas Departamento de Comunicaciones ACIEM</p>
--	---	---

### Presidencia Nacional

Calle 70 No. 9 - 10 Bogotá. Colombia. PBX: 312 73 93  
 aciem@aciem.org.co

ACIEM expresa a sus lectores que la responsabilidad del contenido de los artículos presentados en esta edición es única y exclusivamente de sus autores.


**EDITORIAL**

- 8** Emprendimiento en Ingeniería: el reto de innovar para transformar y liderar el futuro


**MUJERES EN INGENIERÍA**

- 12** Ingenieras en el sector empresarial: del trabajo al crecimiento y soluciones empresariales


**ENERGÍA**

- 15** “Riesgo de racionamiento de energía, obliga a utilizar todas las

alternativas disponibles”: ACIEM

- 20** De carbón a nuclear: una visión para la transición energética del caribe colombiano
- 25** Air-e: retos y oportunidades para la región Caribe en la transición energética


**TIC**

- 29** Espectro: protagonista de conectividad mundial
- 34** Regulación estratégica para una Colombia digital, competitiva e inclusiva


**ELECTRÓNICA**

- 39** La Industria de electrónica y de semiconductores

**MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS**

- 43** 8º Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos: Un hito para Colombia

- 48** Colombia: Sede mundial del Mantenimiento y la Gestión de Activos
- 50** Premio ACIEM a la Ingeniería de Mantenimiento y a la Gestión de Activos 2025
- 54** La nueva versión de la ISO 55001:2024 y sus normas complementarias
- 58** ¿Por qué no se hace bien el mantenimiento


**ÉTICA**

- 62** Inteligencia Artificial y algunas consideraciones éticas


**SOCIALES**

- 66** Fortalecimiento Seccionales y Capítulos ACIEM  
ACIEM - Red Nuclear
- 67** Mesa de trabajo Direct to Device  
Celebración día del Ingeniero
- 68** XV Congreso Internacional del Espectro ANE-ACIEM  
ACIEM - Ministerio de Minas y Energía

# Emprendimiento en Ingeniería: el reto de innovar para transformar y liderar el futuro



CARLOS ARTURO CÁRDENAS GUERRA  
PRESIDENTE ACIEM

**E**l emprendimiento en Ingeniería va más allá de la idea de los Ingenieros por crear empresas, es la capacidad de estos por transformar el conocimiento técnico en soluciones innovadoras que impacten la sociedad. En un mundo marcado por la digitalización, la transición energética y la sostenibilidad, los profesionales de Ingeniería están llamados a ser protagonistas de nuevos modelos de negocio, startups tecnológicas y proyectos de alto impacto.

A continuación, compartimos el papel del emprendimiento en Ingeniería, su importancia para Colombia, casos de referencia y los retos que enfrentan la formación y el ecosistema emprendedor nacional.

Por naturaleza, la Ingeniería es una disciplina orientada a la solución de problemas. Sin embargo, en el contexto actual, resolver problemas no es suficiente, sino que se requiere hacerlo de manera sostenible, escalable y con alto impacto económico y social. Aquí surge el concepto de emprendimiento en Ingeniería como un puente entre el conocimiento técnico y la innovación aplicada.

El Ingeniero emprendedor no solo diseña, calcula o implementa, también identifica oportunidades, comprende y dimensiona mercados, gestiona riesgos y construye equipos multidisciplinarios.

El futuro de la economía global depende cada vez más de startups y empresas de base tecnológica creadas por Ingenieros capaces de combinar ciencia, tecnología y gestión.

## Concepto de emprendimiento en Ingeniería

Se entiende por emprendimiento en Ingeniería como la capacidad de los profesionales de esta disciplina para transformar ideas técnicas en soluciones, productos, servicios o empresas que generen valor económico, social y ambiental.

Para ello, hay una serie de características que le dan ese carácter especial:

- Creatividad aplicada: uso innovador de conocimientos técnicos.
- Visión de negocio: identificar nichos de mercado y nuevas oportunidades.
- Gestión de proyectos: convertir ideas en prototipos, pilotos y escalabilidad.
- Impacto social: mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, la competitividad y/o la sostenibilidad.

En este sentido, el emprendimiento en Ingeniería es un motor de competitividad para los países, especialmente en sectores estratégicos como energía, telecomunicaciones, transporte, salud y tecnologías digitales.

## Ecosistema de emprendimiento en Colombia

Colombia ha avanzado en la creación de un ecosistema emprendedor, pero enfrenta retos particulares en el ámbito de la Ingeniería:

- Alta demanda de soluciones técnicas: Desde la infraestructura hasta la transición energética.
- Ecosistema en desarrollo: Más de 1.200 startups tecnológicas registradas en 2024 (Fuente: iNNpulsa), aunque con altos índices de mortalidad.
- Apoyo institucional: Programas como Aldea de iNNpulsa, Fondo Emprender del SENA y las incubadoras universitarias.

- Brecha de financiamiento: Menos del 0,5% del PIB se destina a capital de riesgo, lo cual limita la escalabilidad de proyectos.
- Necesidad de Ingenieros emprendedores: De acuerdo con los análisis de ACIEM, menos del 20% de los Ingenieros egresados opta por crear empresa en los primeros cinco años.

Esto muestra un espacio enorme para fomentar la mentalidad emprendedora en las facultades de Ingeniería y en los gremios.

*“ Brecha de financiamiento: Menos del 0,5% del PIB se destina a capital de riesgo, lo cual limita la escalabilidad de proyectos. ”*

## Oportunidades para el emprendimiento en Ingeniería

Iniciar un proyecto de emprendimiento es complejo porque es un camino lleno de incertidumbres. Sin embargo para los Ingenieros, gracias a su formación académica y técnica, es una oportunidad que se debe explotar y aprovechar en el desarrollo de nuevos productos y/o servicios.

Hay que tener la clara convicción de la conveniencia de emprender, evaluar la mejor manera de hacerlo, y aplicar la metodología del PHVA, que permita ajustar aspectos estratégicos del emprendimiento.

Destacamos algunos sectores en los cuales identificamos importantes oportunidades para el concurso y participación de los Ingenieros colombianos en proyectos de emprendimiento e innovación:

- Energías renovables y transición energética
  - ▷ Startups solares y eólicas que ofrecen soluciones de generación distribuida.
  - ▷ Empresas de almacenamiento energético con baterías y microrredes inteligentes.
- Transformación digital e Industria 4.0
  - ▷ Plataformas de IA aplicada a manufactura, logística o energía.
  - ▷ IoT para monitoreo de procesos industriales, agroindustria y ciudades inteligentes.
- Movilidad y transporte sostenible
  - ▷ Emprendimientos en electromovilidad, bicicletas eléctricas y cargadores inteligentes.
  - ▷ Soluciones de movilidad como servicio (MaaS).
- Agua y medio ambiente
  - ▷ Tecnologías para potabilización, tratamiento de aguas residuales y economía circular.
  - ▷ Startups que diseñan sensores para calidad del aire y gestión ambiental.
- Salud digital
  - ▷ Dispositivos médicos de bajo costo para zonas rurales.
  - ▷ Aplicaciones de telemedicina y diagnóstico remoto.

## Casos de emprendimiento en Ingeniería

a) *Rappi (Colombia)*: Aunque no es exclusivamente de Ingenieros, su escalabilidad tecnológica muestra el poder del emprendimiento digital.

b) *Unergy*: Plataforma colombiana que permite a ciudadanos invertir en proyectos solares. Ejemplo claro de emprendimiento en energía renovable.

c) *Nu*: Una de las empresas de finanzas más innovadora del mundo, es una empresa de servicios financieros digitales que ofrece productos financieros a través de su aplicación móvil.

d) *Startups universitarias*: Como las incubadas en la Universidad Nacional de Colombia y Universidad de Los Andes, que trabajan en biotecnología, energías limpias e IA.

Estos casos demuestran que los Ingenieros colombianos tienen capacidad para crear empresas con impacto regional y global.

**“** *ACIEM tiene el firme compromiso para desplegar en los próximos tres años, una serie de acciones que ayuden a fortalecer el ecosistema emprendedor.* **”**

## Retos del Ingeniero emprendedor

- Formación incompleta: La mayoría de Ingenieros se forma con énfasis técnico, pero con poca exposición a finanzas, mercadeo y gestión.
- Cultura del riesgo: persiste el temor al fracaso, lo cual inhibe la creación de empresas.
- Acceso a capital: El capital semilla es escaso y poco adaptado a proyectos de base tecnológica.
- Escalabilidad: Muchos emprendimientos se quedan en prototipos sin llegar a mercado masivo.
- Redes de apoyo: Se requieren más vínculos entre gremios, universidades y sector privado.

## ACIEM frente al emprendimiento en Ingeniería

En calidad de gremio profesional de Ingeniería, ACIEM tiene el firme compromiso para desplegar en los próximos tres años, una serie de acciones que ayuden a fortalecer el ecosistema emprendedor desde la Ingeniería de las cuales destacamos:

a) Formación y mentoría: Realización de diplomados, talleres y laboratorios de emprendimiento para jóvenes Ingenieros.

b) Red de inversionistas ángeles vinculada al sector Ingeniería. Identificación de redes que sirvan de puente entre emprendedores y ángeles inversionistas, ofreciendo plataformas digitales para presentar proyectos y filtro propuestas viables.

c) Concursos y hackatones: Promoción de encuentros entre jóvenes para intercambiar ideas de innovación y emprendimiento en temas estratégicos como energía, infraestructura, transporte y movilidad, TIC, sostenibilidad, agroindustria y medio ambiente, entre otros.

d) Plataforma de networking: Que permita conectar a potenciales emprendedores con empresas consolidadas que sirvan de referencia y ejemplo de las estrategias que les ha permitido alcanzar factores de éxito empresarial.

e) Internacionalización: Apoyo a Ingenieros emprendedores colombianos que les permita presentar y llevar sus soluciones de innovación a mercados de la región y a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

ACIEM gracias a su representación de la Ingeniería y su relacionamiento institucional con diversos actores del ecosistema de emprendimiento, tiene la capacidad de ser un articulador clave entre el talento joven, academia, Gobierno y empresas asociadas con las necesidades del país en las próximas décadas.

## Humanizando el emprendimiento en Ingeniería

Más allá de cifras y tecnología, el emprendimiento en Ingeniería debe ponerse al servicio de la sociedad. Un ejemplo de ello es un grupo de jóvenes Ingenieros en el Departamento de Santander que diseñaron un sistema de potabilización portátil para comunidades rurales, prototipo que fue fi-

nanciado con recursos de *crowdfunding* y hoy abastece a más de 200 familias que antes dependían de agua contaminada.

Estos son los emprendimientos que transforman vidas: proyectos pequeños en escala, pero de alto impacto económico y social; la verdadera medida del éxito no siempre es la valoración en millones de dólares, sino la capacidad de mejorar la vida de las personas.

“ El emprendimiento en Ingeniería es una oportunidad porque permite a Ingenieros convertir conocimiento en valor y competir en una economía global. ”

## Conclusión

El emprendimiento en Ingeniería es una oportunidad y un deber. Oportunidad porque permite a los Ingenieros convertir conocimiento en valor y competir en una economía global. Deber porque Colombia enfrenta enormes desafíos en conectividad, energía, infraestructura y sostenibilidad que solo pueden resolverse con innovación.

La formación de Ingenieros emprendedores requiere cambios en la educación, incentivos financieros y una cultura que valore el riesgo y la innovación.

Desde ACIEM, reafirmamos que el futuro de la Ingeniería colombiana no se limita a ejecutar proyectos: está en crear empresas, soluciones y tecnologías propias, que posicionen a nuestro país como líder en innovación aplicada. El Ingeniero emprendedor es, en última instancia, un constructor de futuro. ▲

# Ingenieras en el sector empresarial: del trabajo al crecimiento y soluciones empresariales

**P**aola Andrea Sabogal Pérez es Ingeniera Mecánica de la Universidad de los Andes, con maestría en gerencia estratégica de la Universidad de Tulane y 26 años de experiencia profesional en empresas industriales multinacionales y multilatinas, liderando áreas comerciales, nuevos negocios, mercadeo, y estrategia empresarial.

Con una amplia experiencia en creación de estrategias de crecimiento y desarrollo de líneas de productos en mercados latinoamericanos, inteligencia de negocios y gerencia comercial, tiene gran trayectoria en empresas como Shell, Petrobras, Gecolsa, entre otras. En palabras de Paula Andrea “Me apasiona el liderazgo y transformación de equipos, llevándolos a tener un alto desempeño”

En entrevista con ACIEM, la Ingeniera Paula Andrea Sabogal destacó aspectos de su vida profesional, así como sus mayores contribuciones para la profesión en nuestro país.

**ACIEM: ¿Cuáles considera que han sido sus contribuciones a la Ingeniería?**

**Paula Andrea Sabogal:** Mi mayor contribución ha sido demostrar que la Ingeniería, además de conocimiento técnico, requiere visión de negocio, liderazgo inclusivo y sensibilidad social.

He abierto caminos en la alta dirección industrial, logrando posicionar soluciones de alto valor en mercados altamente competitivos y siendo referente para que otras mujeres se animen a ocupar cargos de decisión.



**Paula Andrea Sabogal.**  
Ingeniera Mecánica.

También he construido equipos de alto desempeño y proyectos con impacto regional, generando confianza y abriendo puertas para que más mujeres avancen en la Ingeniería aplicada a la industria.

**ACIEM: ¿Qué aspectos destaca de su ejercicio profesional?**

**Paula Andrea Sabogal:** Destaco la capacidad de integrar lo técnico, la innovación y sostenibilidad con la estrategia empresarial.

A lo largo de mis 26 años de trayectoria profesional, he desarrollado una fortaleza clave: la capacidad de integrar el conocimiento técnico con la visión estra-

**“** *He abierto caminos en la alta dirección industrial, logrando posicionar soluciones de alto valor en mercados altamente competitivos y siendo referente* **”**

técnica del negocio, esto me ha permitido liderar con éxito áreas de ventas, mercadeo y nuevos negocios, logrando éxitos tangibles como incrementos financieros sostenidos, la apertura de nuevas líneas de negocio y el establecimiento de alianzas estratégicas con clientes de sectores tan exigentes como minería y energía.

Más allá de los resultados, me siento orgullosa de haber impulsado el desarrollo de talento humano, creando espacios donde mujeres y hombres puedan crecer, alcanzar su máximo potencial y aportar con propósito. Creo firmemente que la Ingeniería no solo debe generar valor económico, sino también impulsar la sostenibilidad y el progreso social.

Hoy desde mi rol como líder del área comercial en Culligan Colombia, trabajo con la convicción de transformar la forma en que los colombianos nos hidratamos, promoviendo bienestar en las personas y productividad en la industria.

Este compromiso está alineado con mis principios de sostenibilidad, innovación y con un sueño profundamente humano: que cada colombiano pueda acceder a agua pura y segura para su consumo.

**ACIEM: ¿Qué es lo más satisfactorio de representar a la Ingeniería en su campo?**

**Paula Andrea Sabogal:** Lo más satisfactorio es ver cómo mi trabajo se traduce en crecimiento y soluciones reales para las empresas, que mejoran las vidas de las personas y fortalecen la competitividad del país.

Representar a la Ingeniería, significa también mostrar que, con pasión y preparación, es posible abrir mercados, crear soluciones innovadoras y ser un modelo para nuevas generaciones de mujeres Ingenieras.

**ACIEM: ¿Qué la inspiró a elegir la Ingeniería y cómo ha sido su experiencia profesional al representar a las mujeres en la profesión?**

**Paula Andrea Sabogal:** Desde muy joven, al acompañar al trabajo a mi papá, me motivó la idea de entender cómo funcionaban diferentes aparatos, resolver problemas complejos y aportar al desarrollo industrial del país.

**“** *Más allá de los resultados, me siento orgullosa de haber impulsado el desarrollo de talento humano, creando espacios donde mujeres y hombres puedan crecer.* **”**

Elegí la Ingeniería Mecánica, porque representa el corazón de muchos sectores productivos como manufactura, energía, transporte y minería. Mi experiencia ha sido un camino de retos y satisfacciones: he demostrado que las mujeres podemos liderar proyectos de alto impacto en industrias tradicionalmente masculinas y que nuestro enfoque aporta visión estratégica, sensibilidad social y un liderazgo inclusivo.

**ACIEM: ¿Qué desafíos ha afrontado en este campo?**

**Paula Andrea Sabogal:** Uno de los mayores desafíos ha sido romper estereotipos en sectores altamente masculinos. He tenido que demostrar, a través de logros concretos, mi capacidad para liderar equipos multidisciplinarios y la habilidad de negociar de manera técnica y comercial, con los diferentes públicos de interés, que el ser mujer en la Ingeniería no es un obstáculo, por el contrario, es una gran ventaja.



Por ejemplo, en mi trayectoria he logrado consolidar estrategias de crecimiento sostenido, duplicar volúmenes de negocio y diseñar modelos comerciales innovadores, en contextos donde el liderazgo femenino era poco común. Estos retos reforzaron mi resiliencia, inteligencia emocional y visión de largo plazo.

**ACIEM ¿Cómo motivar a las niñas y jóvenes a estudiar Ingeniería?**

**Paula Andrea Sabogal:** Contándoles nuestras historias y mostrándoles que la Ingeniería no es solo física, matemáticas y máquinas, sino un camino para crear, transformar y cambiar el país.

A las jóvenes les diría que se atrevan, que la pasión y la curiosidad son suficientes para empezar, y que cada reto las hará más fuertes.

También creo que necesitamos más referentes visibles: cuando una niña ve a otra mujer triunfando en Ingeniería o en cualquier otra rama, entiende que también es posible lograr lo que sueña para ella.

A través de programas de mentoría, charlas en colegios y visibilizando referentes femeninos, podemos inspirar a más jóvenes a descubrir que la Ingeniería es un camino para transformar realidades y dejar huella.

**ACIEM: ¿Cuáles son los desafíos en términos de formación para que más jóvenes se motiven a estudiar Ingeniería?**

**Paula Andrea Sabogal:** El gran reto es que la formación básica, técnica y universitaria, así como las oportu-

nidades laborales, estén conectadas con los retos actuales del país y con lo que apasiona a los jóvenes hoy: sostenibilidad, energías limpias, tecnología, infraestructura e impacto social.

Es necesario modernizar los programas, para que los jóvenes vean la Ingeniería como una carrera de impacto social y ambiental. También es clave fortalecer la orientación vocacional y los programas de becas, para que más jóvenes puedan acceder y permanecer en estas carreras.

Además, debemos integrar habilidades blandas como liderazgo, negociación y pensamiento estratégico, competencias que en mi carrera me permitieron liderar proyectos de crecimiento empresarial y abrir oportunidades en mercados nacionales e internacionales. Si les mostramos que la Ingeniería puede cambiar su entorno inmediato, se van a enganchar mucho más.

**ACIEM: ¿Qué oportunidades y retos ve para el desarrollo de la Ingeniería en nuestro país en los próximos años?**

**Paula Andrea Sabogal:** Colombia enfrenta un momento clave de transición económica que presenta tanto oportunidades importantes, como desafíos estructurales que la Ingeniería debe abordar desde ahora. Debemos aprovechar estas ventanas de oportunidad de manera clara y concisa, por ejemplo, con la inversión en infraestructura; energías limpias; proyectos de transporte y la inversión privada en recuperación económica, así podemos construir un futuro más resiliente, sostenible e inclusivo. Pero esto exige:

- Profesionales formados no solo en competencias técnicas, sino con visión estratégica, liderazgo y compromiso humano.
- Políticas públicas que faciliten la inversión, reduzcan barreras burocráticas y promuevan la igualdad de género en todos los niveles.
- Una visión de país en la que el desarrollo no sea solo crecimiento económico, sino bienestar para todas las personas.▲

# “Riesgo de racionamiento de energía, obliga a utilizar todas las alternativas disponibles”: ACIEM

**D**urante los últimos cinco años, y ante el descenso dramático de las reservas de petróleo y gas, sumadas a las barreras para la entrada de los proyectos de generación y transmisión, de vez en cuando ha aparecido el ‘fantasma’ del riesgo de un racionamiento de energía y, en análisis extremos, la posibilidad de un ‘apagón’.

Y por supuesto, la mirada hay que hacerla hacia atrás con las lecciones aprendidas que vivió el país entre marzo de 1992 y febrero de 1993, época en la que Colombia sufrió un racionamiento nacional de energía eléctrica, debido a la crisis del sistema hidroeléctrico, provocada principalmente por el fenómeno climático ‘El Niño’.

La evaluación de dicha situación permitió identificar las causas principales que llevaron a tal medida extrema en todo el país, dentro de las cuales se destacan:

1. Dependencia excesiva de energía hidroeléctrica, puesto que más del 80% de era de generación.
2. Sequía intensa por ‘El Niño’, lo cual redujo drásticamente el nivel de los embalses.
3. Falta de diversificación energética (escasa infraestructura térmica o alternativas).
4. Mala planificación y gestión del sistema energético.

Lo anterior llevó al Gobierno Nacional de la época, a adoptar medidas extremas tales como realizar cortes programados de energía de hasta ocho horas diarias en algunas regiones; cambio temporal del huso horario nacional ya que se adelantó una hora en mayo de 1992; fuertes campañas de ahorro energético; multas



a grandes consumidores y reducción del servicio de alumbrado público.

Esto sin duda afectó la economía y la productividad industrial y comercial, que a su vez generó un descontento social generalizado y obligó a que los ciudadanos cambiaran sus hábitos en sus vidas diarias y a su vez, a generar una mayor conciencia sobre la necesidad de diversificar la matriz energética hacia futuro.

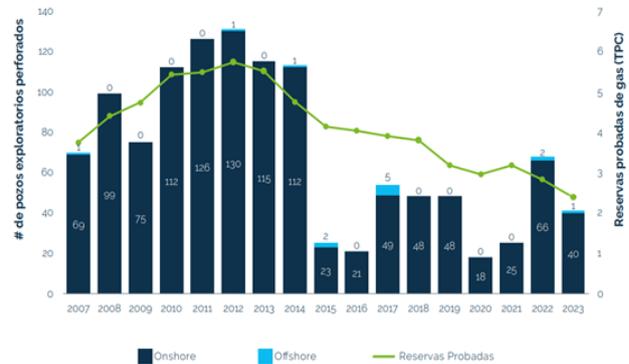
“ De acuerdo con *Naturgas*, apoyado en cifras del Gestor del Mercado, en 2026 la dependencia alcanzaría el 20% y en 2027 podría llegar al 27%.”

Las lecciones aprendidas obligaron a realizar una reforma el sector eléctrico con la expedición de las Leyes 142 de Servicios Públicos y Ley 143 de 1994 de Energía Eléctrica, las cuales introdujeron un modelo de libre mercado en el sector eléctrico; crearon instituciones como la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG); promovieron la inversión privada; impulsó la construcción de plantas térmicas y la diversificación de fuentes energéticas y estableció el Cargo por Confiabilidad (CxC) para asegurar la generación disponible en momentos de crisis.

### Reservas en caída libre

Desde diciembre de 2024, Colombia empezó a importar gas natural para suplir la demanda interna que inicialmente representó apenas el 4% del consumo nacional, pero en lo corrido de 2025 la proporción ya ascendía al 17% y posiblemente en ascenso ante el actual panorama; por supuesto, siendo más costoso al requerir de tres procesos adicionales como es la licuefacción en el país de origen; el transporte marítimo en estado líquido y el proceso de regasificación en Colombia.

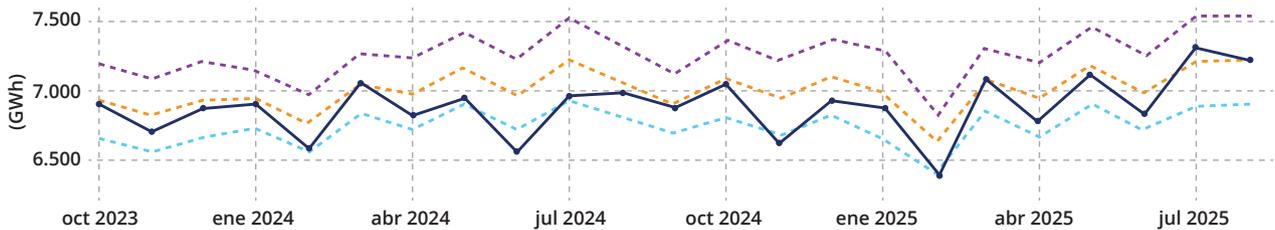
**Pozos exploratorios y reservas probadas**



De acuerdo con Naturgas, apoyado en cifras del Gestor del Mercado, en 2026 la dependencia alcanzaría el 20%; en 2027 podría llegar al 27%, y, de no agregarse nuevas reservas, en 2029 superaría el 50%.

Esta caída dramática se refleja en cifras cuando en el año 2012, se perforaron 130 pozos exploratorios con reservas probadas de 5,7 terapés cúbicos, suficientes para 13 años de consumo.

**Proyección de Demanda de Energía de la UPME y Demanda de Energía del SIN**



### Sector eléctrico en el SIN

Es innegable que diversos factores han incidido en el retraso para la entrada de los proyectos estratégicos de generación y transmisión para fortalecer el Sistema Interconectado Nacional (SIN), con el fin de aumentar la oferta de energía. Lo que ha llevado a tener márgenes cada vez más estrechos para atender adecuadamente el crecimiento de la demanda a nivel residencial, industrial y comercial.

Según XM, administrador del SIN, en junio de 2025 la demanda de energía fue de 6,822.72 GWh, aumentando un 4,53% en comparación con el consumo nacional de junio de 2024, cuando la demanda fue de 6,542.68 GWh.

La gráfica muestra la demanda de energía y la potencia máxima del Sistema Interconectado Nacional (SIN), respecto a los escenarios bajo, medio y alto, proyectados por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME).

## ACIEM frente a riesgo de racionamiento de energía

Ante este escenario, el Ingeniero Carlos Arturo Cárdenas Guerra, Presidente Nacional de la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM) ha declarado que ante los visibles déficits de energía eléctrica y gas natural y frente a los riesgos de posibles racionamientos en el corto plazo, se necesitan con urgencia decisiones de política energética que en el sector eléctrico permitan dar firmeza y respaldo al Sistema Interconectado Nacional (SIN), utilizando todas las energías disponibles como el carbón, la hidroenergía de baja caída y bombeo, entre otras.

Durante los últimos meses, ACIEM ha reiterado que el sector energético está en situación cada vez más extrema, dado que hay factores que validan este análisis gremial como son:

1. Estrechez entre la oferta y demanda de electricidad.
2. Déficit cercano de energía firme.
3. Atrasos en la entrada de proyectos de generación y de las obras de transmisión.
4. Serios problemas en los procesos de licenciamiento ambiental y social.
5. Retiro de inversionistas de proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER).
6. Riesgos de respaldar la confiabilidad con tecnologías no maduras en su operación en este contexto (como renovables variables, mareomotriz y el H2).

## Déficit de gas para atender demanda

*“Situaciones como la incertidumbre sobre las reservas contingentes, aún no se tiene claridad sobre cuál será la estrategia del gobierno respecto a la posibilidad de aumentar la importación de gas mediante nuevas plantas de regasificación, mientras las posibles reservas anunciadas off-shore puedan estar disponibles”*: explicó Carlos Arturo Cárdenas, Presidente Nacional de ACIEM.

En opinión de ACIEM, se especula que, en el mejor de los casos, estas reservas solo estarían disponibles después de 2030, y esto no es seguro, hasta tanto se

compruebe su existencia en cantidades comerciales y su viabilidad técnica y económica.

ACIEM señaló además, que los anuncios de los diferentes agentes en el último año, respecto a los déficits de oferta de gas natural y energía eléctrica, podrían afectar seriamente la atención de la demanda residencial, industrial y comercial y conllevar a situaciones de racionamiento de energía a nivel regional y/o nacional.

## Recomendaciones

Frente a la problemática, ACIEM presentó algunas recomendaciones al Gobierno Nacional y al país relacionadas con:

1. Aumentar la oferta de energía eléctrica, a través de una nueva subasta del Cargo de Confiabilidad (CxC).
2. Desarrollar una subasta de Energías Renovables No Convencionales (ERNC), con contratos de largo plazo.
3. Reforzar la labor de la UPME para anticiparse en tener suficientes líneas y puntos de conexión al Sistema Interconectado Nacional (SIN) de los nuevos proyectos.
4. Agilizar todos proyectos de líneas del SIN y de generación, que se encuentran actualmente demorados por problemas de permisos sociales y ambientales.
5. Agilizar la negociación de la Interconexión Eléctrica Colombia-Panamá (ICP).
6. Convertir el oleoducto de Colombia en gasoducto, con el fin de tener una segunda vía de comunicación Costa - Interior.

Finalmente, el Presidente Nacional de ACIEM destacó la importancia de plantear soluciones innovadoras frente al presente y futuro del sector energético, involucrando a todos los agentes interesados, en especial la demanda.

*“Si queremos transformar y fortalecer el sector eléctrico del país, es indispensable construir soluciones innovadoras desde los usuarios e involucrarlos en estas discusiones, puesto que no podemos seguir insistiendo en las mismas soluciones de siempre, cuando la alternativa es la innovación, desde la demanda”*: puntualizó Carlos Arturo Cárdenas. ▲

# Datos globales **Energía Nuclear** en el Mundo 2025

**439**

Reactores operativos en 31 países

**~397  
GW**

de capacidad instalada

**9%**

electricidad mundial proviene de energía nuclear

**~68**

reactores en construcción (principalmente en Asia)

## Reactores en construcción destacados

- **China:** ~20 reactores (HPR1000, CAP1400)
- **India:** varios PHWR y VVER
- **Turquía:** Planta Akkuyu (VVER-1200)
- **Egipto:** Planta El-Dabaa (en desarrollo)
- **Bangladesh:** Planta Rooppur (entrada en operación prevista en 2025)
- **Reino Unido:** Hinkley Point C



## Número de reactores nucleares operativos a la fecha

Statista relaciona el número de reactores nucleares operativos a mayo de 2025, por país:



## Energía nuclear en Latinoamérica 2025

	Argentina	Brasil	México
Reactores Operativos	3	2	2
Capacidad Instalada (MW)	1,641	1,884	1,552
% de Energía Nacional	6.2%	~2.5%	~4.5%
Proyectos y avances clave	CAREM (SMR en construcción), Atucha III (planificado), reacondicionamiento Atucha I	Angra 3 (67% avanzado), exploración de SMRs, producción de radioisótopos e hidrógeno verde	Laguna Verde I y II, propuesta de "Ruta Nuclear" para nearshoring y expansión industrial

# De carbón a nuclear: una visión para la transición energética del caribe colombiano

POR: ACIEM, CAPÍTULO BOLÍVAR

**E**l Caribe colombiano ha sido durante décadas, un epicentro energético basado en la explotación de recursos fósiles, principalmente carbón. Departamentos como Cesar y La Guajira se consolidaron como los mayores productores del mineral en Colombia, aportando más del 80% de las exportaciones nacionales de carbón térmico. Este recurso no solo ha generado divisas para el país, sino que también ha marcado la economía, la política y la vida social de la región.

Sin embargo, el panorama mundial y nacional está cambiando. La presión por reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI); el avance de acuerdos internacionales como el Acuerdo de París, y la necesidad de cumplir con las metas de descarbonización planteadas en el Plan Energético Nacional (PEN) 2022–2052 hacen que el carbón, antes símbolo de riqueza, sea hoy cuestionado por sus impactos ambientales y su falta de sostenibilidad en el largo plazo.

La región Caribe, que concentra tanto riqueza minera como vulnerabilidad climática, está en una encrucijada histórica: cómo pasar de ser exportadora de carbón, a convertirse en protagonista de una matriz energética limpia, diversificada y sostenible.

En este tránsito, una de las opciones que comienza a tomar relevancia es la energía nuclear con fines pacíficos, respaldada por lineamientos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y los escenarios de planeación de la Unidad de Planeación Minero



Energética (UPME), no como reemplazo inmediato del carbón, sino como un complemento estratégico para garantizar seguridad energética; reducir emisiones y dar estabilidad a un sistema cada vez más dependiente de renovables intermitentes como la solar y la eólica.

## El carbón en la región Caribe: pasado y presente

El carbón ha sido la base de la economía de La Guajira y Cesar desde finales del siglo XX. Proyectos como Cerrejón y la minería del Cesar han representado hasta el 50% de las exportaciones minero-energéticas de Colombia en algunos años. Para muchos municipios, las regalías han sido la principal fuente de ingresos fiscales.

Sin embargo, este desarrollo ha venido acompañado de retos: desplazamientos y conflictos territoriales, impactos ambientales por contaminación del aire y afectación de fuentes hídricas, así como dependencia fiscal de regalías volátiles.

Actualmente, la demanda mundial de carbón térmico se reduce gradualmente. Europa y Asia avanzan hacia la descarbonización, y Colombia ha visto disminuir sus volúmenes de exportación. Aunque la volatilidad de precios ha dado alivio temporal, la tendencia estructural apunta a un declive sostenido.

“ *La demanda mundial de carbón térmico se reduce gradualmente. Europa y Asia avanzan hacia la descarbonización, y Colombia ha visto disminuir sus volúmenes de exportación.* ”

### La transición energética en el Caribe: avances y limitaciones

El Caribe colombiano es también el territorio con mayor potencial para energías renovables: eólica en La Guajira; solar en Cesar; Magdalena y Atlántico, y biomasa en Bolívar y Sucre.

No obstante, el PEN 2022–2052 advierte que la sola incorporación de Fuentes Renovables No Convencionales (FERNC) no es suficiente. El sistema requiere fuentes firmes y complementarias que aporten confiabilidad, especialmente en contextos de variabilidad climática que afectan la hidroelectricidad.

### Energía nuclear: ¿una opción para el Caribe?

De acuerdo con la OIEA, la energía nuclear es una de las fuentes más eficientes y confiables para garantizar suministro continuo y reducir emisiones de CO<sub>2</sub>. Para Colombia, que depende en un 70% de generación hidroeléctrica según la UPME, la nuclear puede convertirse en un soporte fundamental frente a sequías prolongadas.

El Caribe cuenta con características que podrían hacer viable un proyecto nuclear: acceso costero para infraestructura de enfriamiento; infraestructura energética existente que puede adaptarse, y necesidad de diversificación económica frente al declive del carbón.

Además, el PEN 2022–2052 señala que tecnologías emergentes como los reactores modulares pequeños (SMR) pueden ser exploradas como parte de la matriz futura.

### Implicaciones sociales y económicas

La transición del carbón a lo nuclear implicaría reconvertir capacidades laborales hacia empleos en renovables, nuclear y eficiencia energética.

El OIEA recomienda procesos de participación, transparencia y pedagogía social como condiciones básicas para cualquier proyecto.

Económicamente, la nuclear reduciría la dependencia de exportaciones fósiles, estabilizaría tarifas y atraería inversión internacional, además de fortalecer el talento humano.



### Retos para el despliegue nuclear en el Caribe

Los principales retos incluyen: marco regulatorio robusto siguiendo lineamientos del OIEA; infraestructura segura con apoyo de la UPME; financiación intensiva en capital aunque viable con SMR; gestión de residuos bajo estándares internacionales, y aceptación social con legitimidad comunitaria.

## Eficiencia energética: el puente inmediato

Mientras se consolidan proyectos de gran escala, la eficiencia energética debe convertirse en la primera fuente del Caribe. El PEN 2022–2052 resalta que la eficiencia puede reducir hasta un 15% de la demanda proyectada al 2050 mediante programas en alumbrado público, edificaciones e industria.

“ El sistema requiere fuentes firmes y complementarias que aporten confiabilidad, especialmente en contextos de variabilidad climática.”

## Recomendaciones estratégicas para la transición del carbón a lo nuclear en el Caribe colombiano

- Impulsar alianzas institucionales: Fortalecer el Convenio entre ACIEM y la Red Nuclear Colombiana como plataforma para articular esfuerzos técnicos y normativos.
- Convocar a la academia regional: Involucrar a universidades del Caribe en investigación aplicada sobre nuclear, eficiencia energética y SMR.
- Incentivar la participación de la empresa privada: Promover inversiones y programas de reconversión laboral frente al declive del carbón.
- Fortalecer el rol de los gremios: Reconocer a ACIEM como uno de los articuladores entre Gobierno, academia y sector privado para decisiones energéticas con rigor técnico.
- Fomentar la eficiencia energética como acción inmediata: Impulsar programas masivos que reduzcan hasta un 15% de la demanda al 2050, según el PEN 2022–2052.
- Construir confianza social: Desarrollar pedagogía y participación comunitaria siguiendo las recomendaciones del OIEA.

## Componente técnico: comparaciones entre carbón y nuclear en el contexto del Caribe colombiano

### 1. Factores de capacidad y confiabilidad

- Carbón en Colombia (Cesar y La Guajira): Factor de capacidad promedio entre 55% y 70%, sujeto a la demanda internacional y a variaciones en el mercado.
- Nuclear (según OIEA, estándar global): Factor de capacidad superior al 85%, con operación continua las 24 horas. Esto significa que una planta nuclear genera más energía estable en comparación con un parque de carbón de igual capacidad instalada.

### 2. Emisiones de CO<sub>2</sub>

- Carbón: Cada MWh generado produce en promedio 820 kg de CO<sub>2</sub> (IPCC, 2021).
- Nuclear: Emisiones indirectas (ciclo de vida completo) de apenas 12 kg de CO<sub>2</sub> por MWh (OIEA).

Migrar de carbón a nuclear en el Caribe representaría una reducción del 98% en las emisiones del sector eléctrico local.

### 3. Costos nivelados de energía (LCOE)

- Carbón: Entre 60 y 120 USD/MWh, con tendencia a aumentar por impuestos y restricciones ambientales.
- Nuclear (OIEA, SMR): Entre 80 y 100 USD/MWh en su fase inicial, con tendencia a disminuir gracias a economías de escala.



Aunque la nuclear puede ser inicialmente más costosa, garantiza estabilidad de precios frente a la volatilidad del carbón.

#### 4. Uso de territorio

- Carbón: Minería a cielo abierto en Cesar y La Guajira ha impactado miles de hectáreas, con alta huella ambiental.
- Nuclear (planta de 1 GW): Requiere entre 1 y 5 km<sup>2</sup>, mucho menor que proyectos equivalentes de carbón o incluso de solar a gran escala.

#### 5. Integración con el sistema eléctrico del Caribe

- El PEN 2022–2052 advierte que la región requiere fuentes firmes de respaldo para complementar la variabilidad de eólica y solar.
- Un reactor modular pequeño (SMR) de 300 MW podría generar suficiente energía para abastecer más de 500.000 hogares caribeños, garantizando estabilidad en periodos de baja generación renovable o crisis hídricas.

### Posibles localizaciones y potencial estimado de energía nuclear en el Caribe colombiano

El análisis preliminar de localización debe considerar tres factores: disponibilidad de agua para enfriamiento, infraestructura energética y portuaria existente, y cercanía a centros de consumo eléctrico. Con base en estos criterios, se pueden identificar áreas potenciales:

- Zona costera de La Guajira (cerca a Puerto Bolívar y Riohacha)
  - ▷ Ventajas: infraestructura portuaria ya disponible por la minería de carbón, cercanía a proyectos eólicos a gran escala que podrían complementarse con nuclear como fuente firme.
  - ▷ Potencial: un SMR de 300 MW podría abastecer alrededor de 500.000 hogares y servir de respaldo a los parques eólicos en construcción.



- Región del Cesar (Valledupar y alrededores)
  - ▷ Ventajas: tradición minera con capacidad de reconversión laboral, disponibilidad de terrenos industriales y líneas de transmisión asociadas al carbón.
  - ▷ Potencial: una planta de 600 MW podría sustituir progresivamente generación térmica a carbón y proveer estabilidad al sistema regional.
- Área Metropolitana de Barranquilla
  - ▷ Ventajas: gran centro urbano e industrial del Caribe, con alta demanda eléctrica y buena infraestructura portuaria y de transmisión.
  - ▷ Potencial: una planta de 1 GW podría abastecer un porcentaje importante de la demanda del Atlántico y Magdalena, reduciendo la presión sobre la red nacional.
- Cartagena y zona costera de Bolívar
  - ▷ Ventajas: gran centro urbano e industrial del Caribe, con alta demanda eléctrica y buena infraestructura portuaria y de transmisión.
  - ▷ Potencial: una planta de 1 GW podría abastecer un porcentaje importante de la demanda de Bolívar, reduciendo la presión sobre la red nacional.
- Zona costera de Córdoba – Sucre (cerca a Coveñas)
  - ▷ Ventajas: acceso a agua de mar, cercanía a infraestructura petrolera y portuaria, ubicación estratégica en el sistema interconectado.
  - ▷ Potencial: un SMR de 300 a 600 MW serviría de apoyo a la red y cubriría demanda turística e industrial.

- Potencial estimado total
  - ▷ Considerando 3 a 4 plantas de diferente escala (entre 300 MW y 1 GW cada una), el Caribe podría instalar entre 2 GW y 3 GW de energía nuclear hacia 2040.
  - ▷ Esta capacidad representaría entre el 10% y el 15% de la demanda eléctrica nacional proyectada por la UPME al 2050 y permitiría sustituir gran parte de la generación a carbón en Cesar y La Guajira.

## Conclusiones

La Región Caribe colombiana enfrenta una transición inevitable: pasar de una economía dependiente del carbón, a un modelo energético diversificado, sostenible y justo. Este tránsito no puede improvisarse; requiere planificación a largo plazo, coordinación institucional y participación de la sociedad.

El carbón, que durante décadas impulsó la economía de La Guajira y Cesar, se encuentra en declive estructural, debido a la descarbonización global. Al mismo tiempo, el Caribe concentra el mayor potencial del país en energías renovables no convencionales, especialmente solar y eólica.

No obstante, como lo advierte el PEN 2022–2052, estas fuentes requieren respaldo firme y confiable. Allí la energía nuclear, reconocida por la OIEA y ya mencionada por la UPME en sus escenarios de planeación, emerge como opción estratégica de mediano y largo plazo.

*“ Desde un punto de vista técnico, la nuclear supera al carbón en factor de capacidad, emisiones y uso de suelo.”*

Desde un punto de vista técnico, la nuclear supera al carbón en factor de capacidad (85% frente a 55–70%), emisiones (12 kg CO<sub>2</sub>/MWh frente a 820 kg CO<sub>2</sub>/

MWh) y uso de suelo, aunque exige inversiones de capital mayores y marcos regulatorios estrictos.

El Caribe ofrece posibles localizaciones estratégicas — La Guajira, Cesar, Barranquilla, Cartagena y las costas de Bolívar, Córdoba y Sucre, donde se podrían instalar entre 2 y 3 GW hacia 2040, equivalente al 15–20% de la demanda nacional proyectada.

En paralelo, es indispensable dar un impulso decidido a la eficiencia energética, que el PEN estima podría reducir hasta un 15% de la demanda proyectada al 2050. Esto permitiría liberar capacidad del sistema, generar empleos locales y ofrecer resultados inmediatos mientras se consolidan proyectos de gran escala como la nuclear.

La transición no es únicamente tecnológica. Requiere justicia social y territorial: reconvertir la mano de obra minera; garantizar beneficios a comunidades históricamente afectadas por el carbón; y construir confianza en torno a nuevas fuentes como la nuclear, mediante procesos de pedagogía y participación, en línea con las recomendaciones de la OIEA.

El Convenio entre ACIEM y la Red Nuclear Colombiana marca un punto de partida para articular esfuerzos de divulgación, formación y diseño de hojas de ruta.

La academia regional debe liderar la investigación aplicada, la empresa privada aportar inversión y tecnología, y los gremios de Ingeniería servir de articuladores entre Gobierno, academia y sector productivo. Solo con esta tríada (ciencia, empresa y gremio) será posible pasar de diagnósticos a soluciones concretas.

En conclusión, la transición del carbón a lo nuclear en el Caribe colombiano no es solo un desafío energético: es un proyecto de nación. Si se logran integrar renovables, eficiencia energética y nuclear, bajo un modelo de gobernanza participativo, la región podrá transformarse de símbolo de dependencia fósil a referente latinoamericano de transición energética justa, segura y sostenible. ▲

# Air-e: retos y oportunidades para la región Caribe en la transición energética

POR: COMISIÓN DE ENERGÍA, ACIEM CAPÍTULO ATLÁNTICO

El sector eléctrico colombiano ha experimentado grandes transformaciones en las últimas tres décadas con la apertura del mercado, la creación de un marco regulatorio moderno y la liberalización de la generación y comercialización. Sin embargo, estas reformas no se reflejaron de manera homogénea en todo el país. La región Caribe ha cargado con una crisis estructural en la prestación del servicio eléctrico, que ha limitado su desarrollo económico y social.

La llegada de Air-e en 2020 como operador de distribución y comercialización en Atlántico, Magdalena y La Guajira, fue concebida como un punto de inflexión, tras la liquidación de Electricaribe. No obstante, cuatro años después la magnitud del reto es tal, que la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) decidió intervenir a Air-e en 2024.

*“ En el último año, cuatro agentes interventores han asumido la responsabilidad de dirigir la empresa en medio de un entorno complejo.”*

En el último año, cuatro agentes interventores han asumido la responsabilidad de dirigir la empresa en medio de un entorno complejo de tensiones sociales, altos niveles de pérdidas, escasez de energía y una infraestructura aún rezagada.



Este artículo plantea el impacto de Air-e en el Caribe, la importancia de resolver la problemática energética regional y las implicaciones que este caso tiene para el sector eléctrico nacional, tanto en términos regulatorios como de sostenibilidad de la transición energética.

## El estado del servicio eléctrico antes de Air-e

Entre 2000 y 2020, la prestación del servicio en la región Caribe fue considerada una de las peores del país

- SAIDI (duración de interrupciones): Alrededor de 80 horas al año en departamentos como La Guajira, frente a promedios nacionales de menos de 30.
- SAIFI (frecuencia de interrupciones): Más de 100 cortes anuales en algunos municipios.
- Pérdidas de energía: Superiores al 30%, mientras que el estándar internacional es <10%, incluyendo algunos en algunos operadores nacionales.
- Inversión rezagada: Déficit acumulado de más de 4 billones de pesos en redes y subestaciones.

La consecuencia fue un servicio poco confiable, que afectó la competitividad industrial y portuaria, limitó el crecimiento turístico y desincentivó proyectos de energías renovables.



## Air-e, de operador privado a empresa intervenida

Air-e, perteneciente al grupo Energía de Pereira, asumió en 2020 la operación con un plan de inversión de \$2 billones en los primeros cinco años. Sus objetivos:

1. Modernizar redes y subestaciones.
2. Reducir pérdidas técnicas y no técnicas en dos puntos porcentuales por año.
3. Implementar programas sociales y de gestión de pago.

Si bien se introdujeron tecnologías de monitoreo y medidores inteligentes, la magnitud de las pérdidas, los conflictos sociales en zonas vulnerables y la presión financiera llevaron a que en 2024 la SSPD interviniera la empresa.

En un solo año, cuatro agentes interventores han buscado, cada uno con su estrategia, estabilizar la operación y garantizar la continuidad del servicio a más de 1,3 millones de usuarios. Este hecho evidencia que el problema es más estructural que coyuntural.

## Impacto de Air-e en el Caribe

1. Confiabilidad del servicio: Se redujeron los apagones en algunos sectores de Barranquilla y Santa Marta, gracias a obras de refuerzo. Reducir pérdidas técnicas y no técnicas en dos puntos porcentuales por año.

2. Pérdidas de energía: Aunque aún superan el 25%, se prevé contener el crecimiento. La intervención apunta a reforzar el control y la legalización de usuarios.
3. Inclusión social: Se han electrificado comunidades rurales e indígenas. Sin embargo, la pobreza energética sigue siendo un desafío central.
4. Modernización tecnológica: Los medidores inteligentes y los sistemas de monitoreo en tiempo real, son pasos hacia una red más resiliente y preparada para integrar renovables.

## La importancia de resolver la crisis eléctrica del Caribe

Más allá de lo regional, atender el problema eléctrico del Caribe es un imperativo nacional:

- Competitividad industrial y portuaria: Los puertos de Barranquilla, Cartagena y Santa Marta son estratégicos para el comercio exterior.
- Potencial renovable: La Guajira concentra más de 2.5 GW en proyectos eólicos en trámite, y el Caribe en general tiene irradiación solar de clase mundial.
- Equidad social: Cerrar la brecha de pobreza energética es un asunto de justicia social y territorial.
- Sostenibilidad fiscal: La crisis eléctrica del Caribe ha requerido subsidios y apoyos extraordinarios del Estado, lo que impacta las finanzas públicas.

## ¿Cómo el caso Air-e impacta al sector eléctrico nacional?

El futuro de Air-e no solo afecta al Caribe: tiene repercusiones directas en todo el sector eléctrico colombiano.

1. Confianza en el modelo de operación privada. El fracaso parcial en la estabilización de Air-e, genera dudas sobre la capacidad de operadores privados para transformar sistemas rezagados bajo las reglas actuales.
2. Señal regulatoria y credibilidad institucional. La intervención con cuatro agentes en un año refuerza la

autoridad de la SSPD, pero evidencia que la regulación debe flexibilizarse para contextos críticos.

3. Impacto en tarifas y subsidios. Las pérdidas en el Caribe presionan el Fondo de Energía Social (FOES) y los subsidios cruzados, lo que afecta a todos los usuarios del país.
4. Riesgo para la transición energética. Los proyectos renovables en La Guajira y Cesar requieren redes confiables. Si Air-e no prioriza su integración, la meta nacional de descarbonización y las proyecciones del PEN 2022-2052 pueden verse comprometidas.
5. Lecciones para la política pública. Air-e demuestra que la transición energética no es solo técnica: requiere legitimidad social, cultura de pago y resiliencia financiera.

### Air-e y la priorización de proyectos AGPE y FERNC

Uno de los aspectos críticos en la operación de Air-e, es la gestión de los proyectos de Autogeneración a Pequeña Escala (AGPE) y de Fuentes Renovables No Convencionales (FERNC).

“ Uno de los aspectos críticos en la operación de Air-e, es la gestión de los AGPE y de FERNC.”

- Varios proyectos solares residenciales, comerciales e industriales han reportado meses de retraso en la conexión a la red y en el reconocimiento de excedentes, lo cual afecta la confianza inversionista y desincentiva la autogeneración.
- Estos retrasos contradicen los principios de la transición energética, que busca democratizar la generación y empoderar a los usuarios.
- Air-e debe dar prioridad inmediata a la conexión oportuna de estos proyectos, agilizando trámites, fortaleciendo áreas técnicas y garantizando transparencia en los procesos.

A su vez, se hace un llamado al Gobierno Nacional para que brinde el respaldo regulatorio y financiero necesario, garantizando que los proyectos de FERNC en la región Caribe especialmente eólicos y solares tengan la prioridad estratégica que corresponde a su impacto en el cumplimiento de metas nacionales de transición energética.



### Retos pendientes para Air-e y el Caribe

- Reducir pérdidas a menos del 15% en el mediano plazo.
- Garantizar financiación sostenida para obras en redes y subestaciones.
- Consolidar una estrategia social robusta que reduzca la pobreza energética.
- Priorizar proyectos AGPE y reconocimiento oportuno de excedentes.
- Habilitar la integración masiva de FERNC, con respaldo del Gobierno Nacional.
- Adaptar la red a la resiliencia climática, considerando huracanes, inundaciones y olas de calor.

### El rol de los gremios y la Ingeniería

La crisis eléctrica del Caribe y la intervención de Air-e no deben verse únicamente como un problema de gestión empresarial o de vigilancia regulatoria. Requieren una mirada integral, en la que los gremios de Ingeniería tengan un papel protagónico.

Durante años se han elaborado múltiples diagnósticos, estudios y análisis sobre la situación del servicio en la región. Hoy, el reto no es identificar el problema que ya está ampliamente documentado sino pasar a la acción con soluciones reales y medibles.

ACIEM y otras organizaciones técnicas, están llamadas a ser catalizadores de esa acción: acompañar la modernización de redes, impulsar proyectos de reducción de pérdidas, exigir la priorización de la autogeneración a pequeña escala (AGPE) y garantizar que los proyectos de fuentes renovables no convencionales (FERNC) se integren con oportunidad y transparencia.

Del mismo modo, se requiere dar un impulso decidido a la eficiencia energética, con programas que reduzcan el consumo, mejoren la gestión de la demanda y permitan un uso más racional de los recursos, aliviando las presiones sobre la red y sobre los costos de los usuarios.

Pero también es momento de abrir la discusión sobre nuevas fuentes estratégicas de energía para Colombia, como la energía nuclear con fines pacíficos, que puede complementar la matriz y aportar seguridad energética de largo plazo, en un contexto de variabilidad climática y mayor demanda eléctrica.

La Ingeniería organizada debe ser puente entre Gobierno, empresas y comunidades, asegurando que los compromisos se traduzcan en resultados concretos.

El Caribe eléctrico solo se transformará si la técnica y la gestión se ponen al servicio de soluciones prácticas, diversificadas y sostenibles, que incluyan desde la eficiencia energética y la generación renovable distribuida, hasta opciones estratégicas como la nuclear, todo dentro de la ruta de la transición energética justa que el país necesita.

## Conclusión

El caso Air-e es un laboratorio de política pública para Colombia. Su intervención por parte de la SSPD y la rotación de cuatro agentes en un solo año, reflejan la complejidad de transformar un sistema eléctrico con rezagos estructurales, presiones sociales y exigencias de transición energética.



*“Resolver la crisis eléctrica del Caribe no solo mejorará la vida de millones de ciudadanos: también garantizará la competitividad nacional.”*

Resolver la crisis eléctrica del Caribe no solo mejorará la vida de millones de ciudadanos: también garantizará la competitividad nacional, la sostenibilidad fiscal y el cumplimiento de las metas de descarbonización.

En este camino, Air-e tiene una responsabilidad inmediata: dar prioridad a los proyectos de AGPE y al reconocimiento oportuno de excedentes, para que la autogeneración y las energías renovables avancen sin trabas. Paralelamente, el Gobierno Nacional debe asegurar que los proyectos de FERNC en el Caribe tengan la prioridad que requiere el país en su transición energética.

En definitiva, el futuro del Caribe eléctrico está íntimamente ligado al futuro del sector eléctrico colombiano. Si Air-e logra estabilizarse; abrir espacio a la generación renovable; impulsar la eficiencia energética y responder a las necesidades sociales, la región se convertirá en la punta de lanza de la transición energética justa en Colombia. ▲

# Espectro: protagonista de la conectividad mundial



Aspectos del XV Congreso Internacional de Espectro 2025, organizado por la Agencia Nacional del Espectro (ANE) y la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM), los días 25 y 26 de agosto en la ciudad de Bogotá.

La creciente demanda de conectividad; la expansión de las redes 5G y el desarrollo de la 6G las cuales se comercializarían a partir del año 2030; el crecimiento exponencial del Internet de las Cosas (IoT) que demandará un mayor número de dispositivos y la constelación de satélites en órbita no geoestacionaria que seguirán apoyando la expansión de la cobertura de banda ancha, son entre otros, los retos que el mundo deberá definir en los próximos años para garantizar la implementación de mecanismos que permitan compartir el espectro de manera más eficiente entre diferentes usuarios y servicios para maximizar su uso.

Se estima que, en el año 2027, las empresas de telecomunicaciones invertirán 342 mil millones de dólares en sus redes, debido a la transición a las tecnologías 5G, 6G y la adopción de nuevos estándares tecnológicos.

De la misma manera, debido el despliegue de infraestructuras para todas estas tecnologías, se estima que las conexiones mundiales superarán los 3.800 millones hacia el 2027.

En el debate de este escenario frente a los retos y desafíos, se concentró el XV Congreso Internacional de Espectro 2025, que la Agencia Nacional del Espectro (ANE) y la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM), organizaron en Bogotá, los días 25 y 26 de agosto con el lema: Espectro estratégico para conectar el futuro, en el cual participaron importantes representantes nacionales e internacionales de gobiernos, industrias, consultoría y academia.

“Se estima que, en el año 2027, las empresas de telecomunicaciones invertirán 342 mil millones de dólares en sus redes, debido a la transición a las tecnologías 5G.”

## Importancia de la banda 6 GHz

¿Cuál será el uso futuro de la banda de 6 GHz (5925-7125 MHz)? Por su importancia para la conectividad mundial, este punto ha estado en el centro de la atención del ecosistema digital global en los últimos dos años, debido a las discusiones técnica

La importancia de la banda 6 GHz radica en que puede mejorar significativamente la conectividad para hogares e industrias; cerrar la brecha digital y soportar nuevas aplicaciones como el 5G y 6G, de ahí que la Unión Internacional de Telecomunicacio-

nes (UIT) deberá decidir cuidadosamente su destino para garantizar una infraestructura de telecomunicaciones eficiente en el largo plazo.

La experiencia internacional parece mostrar que el modelo mixto (liberar la porción inferior para uso sin licencia y reservar parte superior para IMT/licencias, con reglas técnicas y mecanismos de protección) ofrece el mejor equilibrio entre innovación, cobertura y protección de incumbentes. A continuación, se relacionan las principales opciones de decisión y una valoración de los principales criterios.

Criterios de la opción	Todo libre	Mixta	Todo licenciado
Promoción de la innovación	5	4	1
Capacidad adicional 5G/6G	1	3	5
Cobertura población/calidad	2	3	5
Riesgo de interferencia	4	2	1
Disponibilidad dispositivos	5	4	2
Impacto económico	4	5	4
Complejidad	2	4	4
Tiempo implementación	Corto	Medio	Medio-largo

Asimismo, la experiencia internacional indica lo siguiente.

- Estados Unidos (FCC): Abrió gran parte de la banda al uso sin-licencia (incluyendo reglas para low/very low power y acceso controlado) y luego extendió permisos VLP al resto de la banda; su enfoque ha impulsado Wi-Fi 6E/7 y dispositivos domésticos, pero requiere mecanismos técnicos que protejan incumbentes.
- China: Asignó la porción superior (≈6425–7125 MHz) para servicios móviles (IMT), priorizando capacidad móvil para 5G/6G en su estrategia nacional. Esto beneficia despliegues móviles, pero limita los usos libres.
- India (TRAI / DoT): Reciente consulta y propuestas para de licenciar la porción inferior 5925–6425 MHz y mantener la discusión sobre la porción superior, un ejemplo claro de enfoque mixto.
- Europa/CEPT: Postura prudente y orientada a proteger incumbentes; muchos países europeos trabajan en soluciones técnicas para permitir uso libre en la parte inferior y ser cautelosos con la superior.
- Análisis económico (GSMA/estudios): Muestran que los beneficios socioeconómicos dependen del uso final — en muchos países un enfoque mixto maximiza beneficios totales porque combina innovación local (Wi-Fi/IoT) y capacidad móvil para servicios de amplia cobertura.

Analizando el caso colombiano se tienen las siguientes consideraciones iniciales.

Opción	Ventajas	Desventajas	Viabilidad en el país
<p>Todo libre <a href="#">doc_363490a1.pdf</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Despliegue WiFi 6E/7</li> <li>Más dispositivos</li> <li>Bajo costo de acceso emprendedores y comunidades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Posibles conflictos con enlaces fijos, satelitales y servicios incumbentes</li> <li>Perdida de espectro para servicios móviles 5G/6G</li> <li>Complejidad en reglas de protección.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muy recomendable realizar estudios con incumbentes</li> </ul>
<p>Mixta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Libre 5925–6425 MHz (con posibilidad de AFC para operación de mayor potencia), e</li> <li>IMT en 6425–7125 MHz dependiendo de la demanda <a href="#">Microsoft Word - CP - Backhaul Spectrum (28.05.2025)</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Combina innovación local (WiFi, IoT) con capacidad para servicios móviles</li> <li>Disminuye riesgo de interferencia (con APC, LPI/VLP y zonas de protección).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumenta la complejidad de la regulación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permite balance entre innovación e inclusión digital y crecimiento 5G <a href="#">6-GHz-IMT-Ecosystem-Demand-Drives-Scale.pdf</a></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Todo licenciado para IMT <a href="#">The socio-economic benefits of the 6 GHz band: considering licensed and unlicensed options   GSMA Intelligence</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilita despliegue 5G/6G</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Innovación limitada y freno a emprendimientos y redes internas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prioriza despliegue móvil, pero reduce el acceso libre.</li> </ul>

Se considera entonces:

- Realizar un inventario de enlaces fijos y satelitales y realizar pruebas de coexistencia en zonas urbanas y rurales.
- Implementar pilotos AFC para identificar viabilidad de coexistencia [future use of the upper 6 ghz band options paper.pdf](#).
- Definir categorías con potencias diferentes (desde muy baja hasta estándar).
- Si se requiriese, definir zonas de protección para enlaces críticos.
- Realizar consulta pública amplia con academia, operadores, gremios y comunidades

- Promover acuerdos de armonización regional en Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (Citel) y realizar seguimiento a las decisiones de WRC y los análisis de los grupos de trabajo.
- Verificar periódicamente la demanda de servicios 5G/6G y del ecosistema de dispositivos, con el fin de tener más información para las decisiones.

En resumen, se recomienda:

- Realizar un inventario de enlaces fijos y satelitales y ejecutar pruebas de coexistencia en zonas urbanas y rurales.
- Implementar pilotos AFC para identificar via-

bilidad de coexistencia (ver [future use of the upper 6 ghz band options paper.pdf](#)).

- Definir categorías con potencias diferentes (desde muy baja hasta estándar).
- Si se requiere, definir zonas de protección para enlaces críticos.
- Realizar consulta pública amplia con academia, operadores, gremios y comunidades.
- Promover acuerdos de armonización regional en Citel y efectuar seguimiento a las decisiones de WRC y los análisis de los grupos de trabajo.

- Verificar periódicamente la demanda de servicios 5G/6G y del ecosistema de dispositivos, con el fin de tener más información para las decisiones.

Otro aspecto relevante en la discusión de espectro a mediano plazo es sobre la convivencia entre redes GSO y NGSO, especialmente ante la aparición de las mega constelaciones de satélites de baja órbita. Específicamente de la posibilidad o no de modificar la máscara de PFD, protección contra interferencia, actualmente definida en el art. 22 de reglamento de radio de la UIT.



Espectro: Conferencistas nacionales e internacionales hicieron parte del XV Congreso Internacional de Espectro 2025, organizado por la ANE y ACIEM para debatir el presente y futuro de la gestión y planeación del espectro en los próximos años.

## Modificación protección contra interferencia artículo 22 reglamento de radiocomunicaciones

La máscara PFD (Power Flux Density mask) del Art. 22 fija límites de densidad de potencia en la superficie de la tierra, producidos por estaciones espaciales (principalmente para proteger servicios terrestres y redes GSO/terrestres frente a señales de sistemas espaciales, en particular NGSO/FSS). Estas reglas se aplican en los procedimientos de coordinación y a las verificaciones realizadas por la Secretaría de la UIT (ver [R15-WRC15-C-0000!!MSW-E](#)).

“Promover acuerdos de armonización regional en Citel y realizar seguimiento a decisiones de WRC y análisis de los grupos de trabajo.”

Opción	Ventajas	Desventajas	Medidas de mitigación
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener lo establecido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabilidad jurídica</li> <li>Protección probada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riesgo de bloqueo a innovaciones espaciales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener hasta terminar estudios locales, consulta pública y estudios en grupos técnicos regionales de la UIT <a href="#">Visualyse Spectrum Manager</a></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Endurecer la mascara</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor protección a usuarios terrestres críticos y menor probabilidad de interferencias provenientes de redes NGSO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puede frenar la inversión espacial</li> <li>Aumenta las disputas e nivel internacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar estudios de impacto económico y social previo a las decisiones</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexibilizar la mascara</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilita despliegue de NGSO y estimula inversiones en dichos servicios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Posibles interrupciones de servicios sensibles (radio difusión, enlaces fijos críticos)</li> <li>Conflictos regionales y globales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar flexibilización limitada (bandas no críticas)</li> <li>Realizar pilotos amplios</li> <li>Consultar estudios en grupos técnicos regionales y globales de la UIT</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reformular el enfoque</li> <li>Cambiar la forma de verificación: pasar de un simple “mask PFD fijo” a una verificación basada en EPFD, análisis de sistemas reales, y/o introducción de AFC (Automated Frequency Coordination) para permitir potencias mayores bajo control.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EPFD es más realista ya que modela la contribución agregada de sistemas NGSO y es más compatible con nuevas antenas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor complejidad computacional que equivale a más recursos de la oficina de radio de la UIT y de las administraciones nacionales</li> <li>Mayor confianza en algoritmos y validación de modelos de ingeniería, acordando muy bien los supuestos del análisis <a href="#">EPFD Part I Overview WRS-2024.pdf</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar validación conjunta con UIT y acordar bien los pilotos antes de adoptar decisiones</li> </ul>
Solución regional temporal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permite experimentar antes de adoptar decisiones</li> <li>Evita conflictos internacionales y consulta las realidades locales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Problemas de armonización global e incluso regional</li> <li>Mayores costos y carga administrativa por regiones</li> </ul>	

Como se indica en la tabla anterior, la decisión es en extremo compleja y sujeta a análisis de detalle a nivel internacional. Como antecedentes, se incluye la discusión de EPFD / S.1503 y sus validaciones, en la cual la UIT y la comunidad técnica han desarrollado métodos y software (S.1503) para verificar conformidad de NGSO con Art.22 y el hecho de que existen propuesta y debates desde WRC-23 en varias regiones del mundo (ver [WRC- 23 Road map on spaces issues](#)).

Es necesario tener en cuenta que esta no es una decisión solamente técnica, sino que implica un equilibrio entre protección a incumbentes, fomento a la industria espacial y armonización internacional. Por ende, se recomienda analizar con prudencia, si migrar pro-

gresivamente hacia un enfoque híbrido EPFD + AFC es aconsejable, manteniendo la estructura protectora del artículo 22.

Para ello, es recomendable realizar validaciones por pilotos, procediendo con un paquete de estudios, pilotos y reglas de transición. Adicionalmente, verificar EPFD con herramientas S.1503, sistemas AFC y análisis de coexistencia.

Por lo anterior, es muy recomendable incluir operadores GSO, NGSO, industria satelital, estaciones terrestres críticas, academia y usuarios finales en consultas públicas y pruebas. Así mismo, es muy importante consultar en detalle los análisis que estén realizando los grupos técnicos de expertos de la UIT. ▲

# Regulación estratégica para una Colombia digital, competitiva e inclusiva

POR: CLAUDIA XIMENA BUSTAMANTE OSORIO \*

La evolución de los servicios de comunicaciones en el país exige una regulación que no solo acompañe el cambio tecnológico, sino que lo potencie. Con esa visión, la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) ha venido desarrollando la Agenda Regulatoria 2025–2026 “Regulación con visión global, construyendo el futuro” una hoja de ruta con 33 iniciativas diseñadas para fortalecer el ecosistema digital colombiano con un enfoque centrado en las personas, orientado por la evidencia y abierto a la innovación.

Esta agenda articula acciones en cinco pilares estratégicos que responden a los desafíos actuales del sector. Tres de ellos definen la transformación que buscamos impulsar: I) bienestar y derechos de los usuarios y audiencias, II) mercados y competencia, y III) innovación y mejora regulatoria.

La implementación de estas líneas de trabajo representa una oportunidad única para consolidar una regulación más efectiva, cercana y habilitante.

## Regulación centrada en las personas

Este eje promueve un entorno en el que los usuarios y las audiencias de televisión estén en el centro de las decisiones. Su objetivo es garantizar derechos en términos de calidad, seguridad, información y diversidad de contenidos, al tiempo que fortalece un ecosistema donde los ciudadanos cuenten con herramientas reales para ejercer sus derechos.



Más allá de las normas, lo que está en juego es la consolidación de una ciudadanía digital activa, capaz de interactuar con sus servicios desde el conocimiento. Para lograrlo, la CRC ha ejecutado y emprendido diferentes proyectos que promueven el ejercicio informado de los derechos.

Avanzar en esta dirección, implica repensar el régimen de protección de los derechos de los usuarios de los servicios de comunicaciones y de las audiencias, garantizando condiciones que fortalezcan su participación, confianza y empoderamiento en el ecosistema digital.

En materia de comunicaciones estamos trabajando para robustecer los esquemas contra el fraude cibernético a través de servicios móviles. En este frente,

publicamos recientemente el proyecto regulatorio que aborda esta problemática, con el objetivo de fortalecer la seguridad de los usuarios en el entorno digital y aumentar la confianza en los servicios móviles.

El impulso a la calidad de los servicios también es fundamental en este eje estratégico, pues permite que cada vez más ciudadanos mejoren su experiencia con los servicios.

Esto se evidencia en medidas como la Resolución CRC 7777 de 2025, mediante la cual se fortalece el monitoreo de la calidad de los servicios de telecomunicaciones, y se promueve una mayor disponibilidad de redes de telecomunicaciones en todo el país.

Bajo este enfoque, también se han desarrollado herramientas como yo mido la calidad, un portal que permite a los usuarios conocer y comparar los niveles de calidad de los servicios de telecomunicaciones en sus municipios, que en lo corrido del año ha recibido más de 660 mil visitas y el comparador de planes y tarifas, que facilita decisiones informadas sobre las ofertas disponibles en el mercado y que, en lo corrido de 2025, ha sido utilizado por 20 mil usuarios.

“Se han desarrollado herramientas como yo mido la calidad, un portal que permite conocer y comparar niveles de calidad de servicios de telecomunicaciones.”

Así mismo, se avanza en el proyecto regulatorio sobre cobros por reconexión de servicios de telecomunicaciones, que busca evaluar la pertinencia y proporcionalidad de dichos cobros, en línea con lo establecido por la Ley 2485 de 2025.



De manera complementaria, desde la Sesión de Contenidos Audiovisuales, se han desarrollado acciones orientadas a garantizar entornos seguros para la niñez y la adolescencia en el consumo de contenidos.

Entre ellas se destaca la estrategia #SaludAloqueVemos y la publicación del *Estudio de Infancia y Medios Audiovisuales 2024*, iniciativas que permiten promover un consumo más informado, responsable y seguro de los medios audiovisuales.

En el campo de los contenidos, también se trabaja actualmente en la formulación de medidas para garantizar el pluralismo informativo en la televisión y en los contenidos audiovisuales en Colombia, una iniciativa incluida en la Agenda Regulatoria 2025–2026.

Estas acciones reafirman el compromiso de la CRC por brindar información útil, proteger los derechos de los usuarios y asegurar que el acceso a la conectividad se dé en condiciones de equidad, transparencia y conocimiento.

### Condiciones para un mercado más dinámico

Con una regulación que remueve barreras, simplifica procesos y fomenta la apertura en los mercados mayoristas, la CRC busca facilitar la inversión, el crecimiento de los servicios, y promover mejores ofertas para los usuarios.

Una de las medidas más importantes se expidió en el marco del proyecto regulatorio “*Revisión de medidas regulatorias aplicables a servicios móviles - fase 2*”, con la Resolución CRC 7684 de 2025, introduciendo cambios orientados a fortalecer la dinámica competitiva en servicios móviles, mejorar la experiencia de los usuarios y facilitar la entrada de nuevos actores al mercado, especialmente en la prestación de servicios de voz, internet móvil y empaquetamientos.

Entre las principales disposiciones de esta medida se encuentran: la digitalización de trámites para modificar o cancelar planes pospago, nuevas reglas para la portabilidad numérica en prepago que agilizan el proceso y evitan rechazos injustificados, y la prohibición de contactar comercialmente a usuarios portados durante los tres meses posteriores al cambio de operador.



También se actualizó la definición de “*paquete de servicios*”, eliminando cláusulas de permanencia para servicios móviles incluidos en ofertas conjuntas.

En línea con los objetivos de inclusión digital, la Comisión adoptó un nuevo marco para el Internet Comunitario Fijo, establecido mediante la Resolución CRC 7712 de 2025, que establece un régimen simplificado para el internet comunitario fijo, que autoriza a comunidades organizadas sin ánimo de lucro a

prestar el servicio como PSICF, con hasta 3.000 accesos y sin estar sujetas al régimen comercial completo.

La norma incluye un formato de reporte trimestral simplificado para facilitar el seguimiento regulatorio, define condiciones mínimas para los contratos mayoristas entre ISP y PSICF —en aspectos como tarifas, calidad, atención de fallas y facturación—, y establece un procedimiento simplificado de desconexión por impago, que requiere notificación previa al PSICF y a sus usuarios, reduciendo riesgos y garantizando transparencia.

Asimismo, con la Resolución CRC 7714 de 2025, expedida en marzo, se definieron nuevas reglas para la prestación de servicios mayoristas como el servicio portador, fundamentales para que los Proveedores de Servicios de Internet (ISP) puedan ampliar su cobertura en zonas rurales y apartadas del país.

“*Resolución CRC 7714 de 2025, expedida en marzo, se definieron nuevas reglas para la prestación de servicios mayoristas como el servicio portador.*”

En paralelo, a través de la Resolución CRC 7713 de 2025, se actualizaron los valores que los operadores deben pagarse entre sí por la terminación de llamadas en redes de telefonía fija, con el propósito de mantener un mercado equilibrado y transparente.

En cumplimiento de la Sentencia del Consejo de Estado del 21 de noviembre de 2024, la Comisión de Regulación de Comunicaciones expidió la Resolución CRC 7753 de 2025, mediante la cual se modificaron las condiciones de remuneración entre operadores móviles por la terminación de llamadas de voz y mensajes de texto (SMS), introduciendo

un nuevo esquema que se ajusta a los criterios establecidos por el alto tribunal.

A partir del 1 de mayo de 2025 y como estaba previsto desde la expedición de la Resolución CRC 7007 de 2022, la regla general establece que cada proveedor de redes y servicios móviles conserva la totalidad del valor pagado por sus usuarios por concepto de llamadas de voz y SMS, sin que medie remuneración entre operadores.

No obstante, con el fin de armonizar este esquema con el principio de reciprocidad previsto en el marco normativo andino y el precedente judicial, se introdujo con la reciente resolución, una excepción para los casos en los que se configure un desbalance significativo de tráfico entre operadores.

Concretamente, cuando como resultado de la conciliación de tráfico mensual entre dos operadores, se evidencie que el tráfico cursado presenta una diferencia superior al 5% (es decir, fuera del intervalo de 45%-55% entre tráfico entrante y saliente), se considerará que existe un desbalance compensable.

En tal escenario, si no existe acuerdo entre las partes para definir el mecanismo de compensación, cualquiera de ellas podrá acudir a la CRC para que resuelva la controversia conforme a lo dispuesto en el artículo 4.3.2.8.1 de la Resolución CRC 5050 de 2016.

En cuanto a los proyectos en desarrollo, la CRC avanza en el análisis de los mercados de televisión, así como en la revisión del Reglamento Técnico para Redes Internas de Telecomunicaciones (RITEL), con miras a facilitar el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones en edificios de propiedad horizontal reconociendo el cambio en las dinámicas de construcción en el país.

El *Observatorio de Inversión*, es otra de las herramientas que permite hacer seguimiento a la evolución de la infraestructura en el país, para identificar brechas en el despliegue; monitorear los niveles de inversión

por región y tipo de tecnología, y aportar información estratégica para orientar decisiones regulatorias, de política pública y de los agentes del sector.

*“CRC avanza en la revisión del RITEL para facilitar el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, en edificios de propiedad horizontal.”*

Finalmente, en radiodifusión sonora se publicó la propuesta regulatoria del proyecto “*Definición de mercados relevantes de radiodifusión sonora y condiciones de competencia*”. Asimismo, se publicó para comentarios la propuesta del proyecto “*Análisis de competencia en los mercados de servicios de comunicaciones empaquetados*”, orientado a evaluar niveles de concentración en ofertas dúo y triple play, y en el cual se define la importancia de seguir monitoreando los mercados priorizados y revisar la definición de mercados relevantes para adaptar el marco regulatorio a las nuevas tendencias del sector.

## **Innovación como principio regulador**

La tercera línea estratégica reconoce que en un entorno digital altamente dinámico, la regulación debe convertirse en un habilitador de la innovación. Por ello, la CRC promueve un enfoque flexible, basado en evidencia y orientado al aprendizaje continuo.

Este enfoque se materializa en iniciativas como el *sandbox* regulatorio convergente, que cerró recientemente la fase de aplicación con la postulación de 8 iniciativas, de las cuales dos (2) —presentadas por COMCEL, TIGO-UNE y Partners Telecom Colombia— pasaron a la fase de concertación, que permitirá probar modelos de negocio innovadores bajo supervisión.

*“La tercera línea estratégica reconoce que, en un entorno digital altamente dinámico, la regulación debe convertirse en un habilitador de la innovación.”*

De igual forma, el desarrollo de estudios prospectivos sobre Inteligencia Artificial, plataformas OTT, ciberseguridad y despliegue de infraestructura, que permiten anticipar tendencias y adaptar el marco normativo a los nuevos desafíos.

En paralelo, la CRC a través de la expedición de las Resoluciones CRC 7810 y 7811, consolidó y actualizó su marco regulatorio, obteniendo como resultado la simplificación de 190 medidas regulatorias, aplicables a la provisión de redes y servicios de telecomunicaciones y postales, así como a la emisión de contenidos audiovisuales en televisión abierta.



Este ajuste representó una reducción del 12,77% del cuerpo normativo contenido en la Resolución CRC 5050 de 2016, convirtiéndose en un cambio estructural significativo del marco regulatorio TIC y audiovisual en los últimos años.

Asimismo, de manera continua se adelanta la evaluación ex post de normas vigentes para verificar si han generado los efectos esperados y deben mantenerse, ajustarse o eliminarse. Esta mirada retrospectiva fortalece la calidad regulatoria y asegura su vigencia en un contexto de cambio acelerado.

En suma, se trata de un cambio cultural: regular para habilitar, no para restringir. La CRC actúa como facilitadora de soluciones que puedan escalar, siempre con responsabilidad, protección de los derechos de los usuarios y visión de futuro.

### **Más que una hoja de ruta: una visión de país**

La Agenda Regulatoria CRC 2025–2026 no es solo un conjunto de proyectos. Es una apuesta estructural por modernizar la manera en que se entiende y se ejerce la función regulatoria.

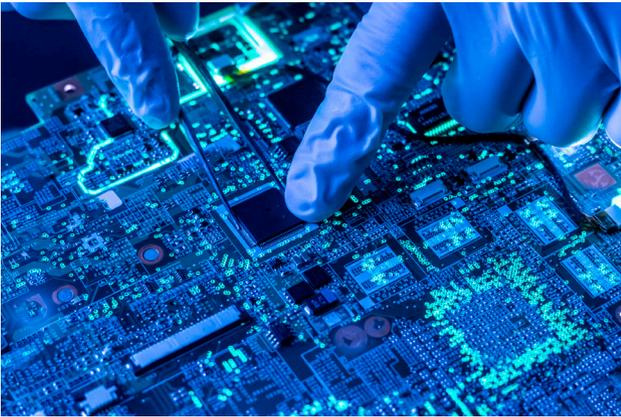
Es una invitación a que la política pública se construya sobre evidencia, diálogo y adaptabilidad. Y es, sobre todo, una oportunidad para construir condiciones habilitantes para que Colombia cierre brechas, mejore su competitividad y garantice que la transformación digital beneficie a todos los territorios y sectores.

Con la ejecución de este plan de trabajo, Colombia está dando pasos decididos hacia una regulación más humana, más técnica y útil. Y eso, en un momento de cambio como el actual, es tan necesario como urgente. ▲

\*Claudia Ximena Bustamante Osorio: Comisionada de Comunicaciones -Directora Ejecutiva. Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC)

# La Industria de electrónica y de semiconductores

POR: HERNANDO JARAMILLO MARÍN\*



## I. Contexto internacional y relevancia de la industria

La industria electrónica y de semiconductores representa uno de los motores más relevantes del desarrollo global actual, con una producción estimada de 3.700 mil millones de dólares y un crecimiento anual cercano al 8 %. Este sector impulsa la cuarta revolución industrial, generando millones de empleos directos e indirectos y liderando innovaciones en áreas como la automatización y la digitalización.

Sin embargo, enfrenta retos importantes como la concentración geográfica de la producción, las interrupciones derivadas de cambios climáticos, emergencias sanitarias y tensiones geopolíticas, lo que ha llevado a diversos países a buscar diversificar sus fuentes y fortalecer su infraestructura tecnológica.

Colombia, aunque aún posee una industria electrónica emergente y enfrenta problemas estructurales, está tomando pasos para insertarse en esta cadena de valor global. El país avanza en proyectos de ley para apoyar este sector.

En medio de la “guerra fría tecnológica” entre China y Estados Unidos por la supremacía en semiconductores y productos electrónicos, Colombia pretende consolidar una estrategia que impulse el desarrollo nacional y la integración a las tendencias mundiales de innovación tecnológica.

Conscientes de la importancia y crecimiento que este sector tiene para el país, la Asociación Colombiana de Ingenieros ACIEM organizó a finales de 2024 e inicios de 2025, los foros enfocados en el Fortalecimiento de la Industria Electrónica y de Semiconductores en Colombia, que buscaron ser espacios para fortalecer el desarrollo tecnológico en Colombia.

“ ACIEM organizó los foros enfocados en el Fortalecimiento de la Industria Electrónica y de Semiconductores en Colombia, que buscaron ser espacios para fortalecer el desarrollo tecnológico en Colombia.”

Estos espacios de discusión y crecimiento realizados en: Barranquilla, Cartagena, Bucaramanga, Medellín, Cali, Eje Cafetero y Bogotá, contaron con la participación de expertos, académicos, empresarios y representantes del gobierno y se discutieron temas clave como la innovación tecnológica, los retos y oportunidades del sector a nivel nacional y regional y la necesidad de una articulación efectiva entre la academia, la industria y el Estado para consolidar un ecosistema nacional sólido.



Foro Electrónica y semiconductores. Capítulo Atlántico

Se presentan en este artículo, las principales discusiones surgidas en los diferentes foros regionales y nacional, así como sus conclusiones y recomendaciones.

Aunque Colombia ha hecho avances en propuestas y esfuerzos, sigue rezagada frente a los grandes actores internacionales. Un entorno tributario complejo y la excesiva burocracia dificultan la inversión privada y el emprendimiento. El país ha atravesado una “década perdida” en la implementación de estrategias industriales, mientras otros han impulsado condiciones favorables para el desarrollo tecnológico.

Existen desafíos regulatorios, logísticos y financieros

- Desconocimiento estatal: La falta de comprensión sobre la industria electrónica por parte de entidades gubernamentales y regulatorias, genera obstáculos en la logística aduanera y la regulación tributaria, dificultando procesos específicos del sector.
- Complejidad en importaciones y exportaciones: Existen dificultades para importar materias primas (como laminados de cobre) y recuperar impuestos como el IVA, lo que afecta la competitividad internacional.
- Acceso limitado a financiamiento: Bancos y entidades financieras muestran poco interés en proyectos de hardware electrónico, percibiéndolos como de alto riesgo, lo que limita la expansión e innovación empresarial.
- Cadena de pagos extensa y falta de liquidez: Las empresas enfrentan largos ciclos de pago y deben autofinanciar clientes y proveedores, presionando su liquidez y dificultando el crecimiento.

## Vínculo entre academia, industria y Estado

En Colombia, la desconexión entre la academia y el sector productivo representa un obstáculo al progreso. Es indispensable articular la formación, la industria y la política pública para fortalecer el capital humano y la competitividad nacional.

A pesar de avances en la actualización curricular de las instituciones educativas, persiste una brecha significativa entre la academia y la industria, que limita la inserción laboral y la capacidad empresarial para



Foro Electrónica y semiconductores. Seccional Antioquia

atraer talento calificado.

El modelo tradicional de formación profesional se enfrenta a la realidad de un mercado donde muchas personas egresadas terminan en roles técnicos, demandando una educación más flexible y orientada a las dinámicas actuales del mercado, tomando como ejemplo los países industrializados que priorizan la formación técnica de calidad.

Capacidades y talento: fortalezas y brechas

- Formación técnica y académica: Colombia cuenta con profesionales en electrónica y áreas afines, y se reconoce la calidad, creatividad y motivación de las nuevas generaciones de Ingenieros.
- Brechas en especialización y herramientas internacionales: Persisten debilidades en la formación práctica y el dominio de herramientas y lenguajes técnicos internacionales.
- Dominio del inglés: Es fundamental el manejo

del inglés técnico y profesional, ya que el sector depende de la interacción con mercados y tecnologías globales.

## II. Estrategias para el desarrollo de la industria de electrónica y semiconductores en Colombia

### Impulso a la Industria: Estrategias y políticas públicas

Para el desarrollo del sector, es fundamental establecer incentivos fiscales y regulatorios, como la eliminación de aranceles y la concesión temporal de exenciones tributarias, que promuevan la instalación y crecimiento de empresas tecnológicas. Asimismo, consolidar el ecosistema de la electrónica, integrar compañías en cadenas productivas globales y fortalecer la investigación y desarrollo, son acciones esenciales.

La capacitación y formación técnica constituyen pilares clave para disponer de talento preparado y competitivo. No obstante, la inversión en innovación y desarrollo en Colombia representa menos del 1% del PIB, situación que limita el progreso y perpetúa el subdesarrollo. Es urgente transformar esta realidad mediante una mayor inversión en tecnología.

Se subraya la importancia de incluir este asunto en la agenda de los tomadores de decisiones a nivel gubernamental proponiendo una política de Estado robusta, una política que impulse el crecimiento y la inclusión digital, posicionando la industria de electrónica y de semiconductores como motor de desarrollo y bienestar para la sociedad.

### Vínculo entre academia, industria y Estado

Es esencial crear facultades especializadas, que incluyan en sus currículos temas como la Ingeniería inversa, siguiendo ejemplos de naciones asiáticas que desarrollaron capacidades propias tras atraer tecnología extranjera.

Los incentivos y becas estatales deben enfocarse en sectores estratégicos como industrias de la cuarta revolución industrial en hardware y software. Si no se priorizan tecnologías como IoT y la IA, el país corre el riesgo de perder empleos y rezagarse en el ámbito internacional.



Foro Nacional de Electrónica y semiconductores. Bogotá

Se advierte que el “nearshoring” solo será exitoso si Colombia crea entornos locales atractivos para la inversión, siguiendo ejemplos internacionales de integración de servicios y atención a las necesidades empresariales.

La integración latinoamericana es crucial para enfrentar los desafíos de la economía global. Mientras países desarrollados cuentan con tecnología y capital, Latinoamérica posee recursos naturales valiosos; esto exige nuevas formas de negociación internacional.

Se enfatiza la necesidad de una política pública eficaz que impulsen la tecnología y la industria electrónica, resaltando el papel del Estado y el fortalecimiento del talento y la investigación para asegurar el desarrollo y competitividad internacional.

### Infraestructura, Ecosistema y Articulación

Es indispensable fortalecer la infraestructura tecnológica y crear un ecosistema articulado entre academia, industria y gobierno, como lo demuestran los casos de Taiwán, Corea y Singapur. La colaboración público-privada y la creación de institutos de investigación han sido determinantes en esos países.

Se propone además, conformar clusters regionales y atraer centros de diseño internacionales, aprovechando el talento local y capacidades de diseño.

*“ Es indispensable articular la formación, la industria y la política pública para fortalecer el capital humano y la competitividad nacional.”*

El Estado debe actuar como facilitador, eliminando trabas y agilizando trámites para el funcionamiento eficiente del sector, más que ofrecer incentivos económicos directos.

### **Modelos de negocio y posicionamiento internacional**

Colombia puede responder a la creciente demanda de soluciones de hardware personalizadas, como Edge AI e Internet de las Cosas, atendiendo nichos internacionales desatendidos por grandes empresas.

Es imprescindible fortalecer el marketing de las industrias, para mejorar la visibilidad nacional e internacional, superar prejuicios sobre productos hechos en Colombia y posicionar al país como proveedor confiable.

Además de capacidades técnicas, se requieren habilidades en gestión, emprendimiento y comercialización para escalar y sostener proyectos.

### **Formación integral y colaboración universitaria**

El Estado debe facilitar la formación de talento, la investigación y la conexión con mercados internacionales, mediante programas educativos flexibles y adapta-

dos a diversas trayectorias profesionales, reconociendo y valorizando la formación técnica especializada.

La academia debe integrar en sus planes de estudio normativas internacionales, diseño para la manufactura y procesos de certificación, permitiendo que el estudiantado comprenda y aplique estándares globales y se inserte exitosamente en cadenas productivas internacionales.

La optimización de recursos mediante la colaboración interuniversitaria, compartiendo laboratorios y equipos costosos, amplía las oportunidades de formación práctica y acceso a tecnología avanzada, promoviendo la eficiencia y fortaleciendo la red de innovación nacional.

La formación debe ser flexible y adaptarse a las necesidades del mercado, priorizando la capacitación técnica, el conocimiento de estándares internacionales y la experiencia práctica en laboratorios.

### **Conclusiones**

La transformación del sector de electrónica y semiconductores en Colombia dependerá de la capacidad colectiva para superar retos estructurales y aprovechar las oportunidades globales.

Invertir en talento, modernizar la educación y fortalecer los vínculos entre los actores será clave para aumentar la competitividad y la participación en la economía internacional de alta tecnología.

La electrónica no solo define nuestro presente, sino que también moldea nuestro futuro. En conclusión, la electrónica es mucho más que un conjunto de componentes y circuitos. Es el corazón de nuestra sociedad moderna, un catalizador de innovación y progreso, y una fuerza indispensable para enfrentar los desafíos del futuro. Debemos reconocer su importancia y continuar apoyando su desarrollo para seguir construyendo una Colombia mejor. ▲▲

\* Hernando Jaramillo Marín. Director de la Comisión de electrónica e integrante de la Junta Nacional de ACIEM

# 8º Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos: un hito para Colombia

POR: PEDRO ROSALES\*

**D**el 11 al 13 de junio de 2025 en Cartagena de Indias, Colombia, tuvo lugar el 8º Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos. Como Presidente del Congreso y miembro de la Junta Directiva de ACIEM, tuve el honor de liderar este evento que aprovechando la experiencia de ACIEM, permitió traer a nuestro país el conocimiento y las mejores prácticas globales.

El Congreso fue único y tuvimos una participación sin precedentes, más de 1.800 personas, de numerosas empresas y, algo realmente significativo, la presencia de expertos de las principales organizaciones que lideran estas temáticas a nivel global.

*“ El Congreso fue diseñado para proporcionar respuestas a los desafíos del sector, desarrollos y experiencias prácticas de aplicación exitosa y oferta de bienes y servicios. ”*

De destacar la colaboración de ABRAMAN (Asociación Brasileña de Mantenimiento y Gestión de Activos); la Federación Iberoamericana de Mantenimiento (FIM) y del GFMAM (Global Forum on Maintenance and Asset Management), que fue fundamental para hacer de este Congreso un evento de primer nivel.

## Un encuentro global de conocimiento y experiencias

En el dinámico y competitivo panorama empresarial, la gestión de activos se ha convertido en herramienta clave para el éxito y la sostenibilidad de las empresas. El Congreso fue diseñado para proporcionar respuestas a los desafíos del sector, desarrollos y experiencias prácticas de aplicación exitosa y oferta de bienes y servicios.

En desarrollo del mismo, se presentaron seis clases magistrales, 149 ponencias académicas (61 de Gestión de Activos y 88 de Mantenimiento), desarrolladas por conferencistas y ponentes de 13 países, que ofrecieron una riqueza de contenido inigualable. Los asistentes también tuvieron la oportunidad de aprender de casos de éxito empresariales y establecer contactos valiosos con 89 empresas participantes en la Feria Comercial (Expoman tener 2025), con stands que complementaron la experiencia, ofreciendo un espacio para conocer soluciones tecnológicas probadas de las empresas líderes del sector.

Durante 3 días, los participantes aprendieron, intercambiaron conocimientos y exploraron las últimas tendencias y mejores prácticas. Ingenieros que se desempeñan en mantenimiento y gestión de activos, expertos, conferencistas, académicos, representantes gubernamentales, gerentes y empresarios.

El 8º Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos abarcó una amplia variedad de temáticas críticas para el éxito de la gestión de activos. Desde la optimización de los costos de mantenimiento y la gestión de

riesgos, hasta la adopción de tecnologías emergentes y la integración de la sostenibilidad en la gestión de activos el Congreso fue una plataforma única para que los participantes profundizaran sus conocimientos, ampliaran sus redes profesionales y obtuvieran una visión de vanguardia sobre el futuro del sector.

Uno de los aspectos más destacados del 8º Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos fue su carácter internacional. Contamos con participantes de una amplia variedad de países y organizaciones, que aportaron diversidad de enfoques, permitiendo a los asistentes obtener una visión más completa de los desafíos y oportunidades que enfrenta el sector a nivel mundial.

Entre los países representados en el Congreso se encontraban: Alemania, Arabia Saudita, Argentina, Australia, Brasil, Chile, Eslovenia, España, Estados Unidos, Italia, Nueva Zelanda, Perú, Portugal, Suráfrica y Venezuela. Esta amplia representación geográfica reflejó el creciente reconocimiento de la importancia de la gestión de activos en todas las regiones del mundo, y la necesidad de establecer estándares y mejores prácticas a nivel global, para el mejor desempeño de las empresas.

**Una agenda completa, con presentaciones del mayor interés y calidad**

La agenda del 8º Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos fue cuidadosamente diseñada para abordar los temas más relevantes de la actualidad. La combinación de presentaciones magistrales; ponencias; paneles de discusión; conferencias empresariales; talleres prácticos y visitas técnicas a instalaciones de vanguardia en la región, permitió una experiencia de aprendizaje integral y enriquecedora, adicionalmente la oportunidad de aprender de primera mano sobre experiencias prácticas y establecer contactos valiosos con otros profesionales del área.

Entre los temas más destacados que se abordaron en la agenda del Congreso se incluyeron:

- **Gestión de riesgos en activos:** en un entorno empresarial cada vez más incierto y cambiante, la

gestión de riesgos es una necesidad para las organizaciones que buscan proteger sus resultados y garantizar la continuidad de sus operaciones. El congreso exploró las últimas estrategias y herramientas para identificar, evaluar y mitigar los riesgos asociados con la operación y el mantenimiento de activos, incluyendo el análisis de riesgos cuantitativo y cualitativo, la gestión de la incertidumbre y la planificación de la respuesta a las contingencias.

*“ En un contexto de crecientes restricciones presupuestales, la optimización de los costos es un desafío para las organizaciones que buscan mejorar su rentabilidad, preservando la sostenibilidad. ”*

- **Optimización de costos de mantenimiento:** en un contexto de crecientes restricciones presupuestales, la optimización de los costos es un desafío para las organizaciones que buscan mejorar su rentabilidad, preservando la sostenibilidad. El congreso presentó experiencias implementadas para reducir los costos de mantenimiento, sin comprometer la confiabilidad y el rendimiento de los activos, incluyendo el mantenimiento basado en la condición, el mantenimiento predictivo y la gestión optimizada de repuestos.
- **Tecnologías emergentes:** el rápido avance de la tecnología está transformando todos los ámbitos empresariales, presentando nuevas posibilidades para mejorar la eficiencia, la productividad y la seguridad. El congreso exploró las últimas tecnologías, incluidas el Internet de las Cosas (IoT), Inteligencia Artificial (IA), el análisis de datos (Data Analytics) y la realidad aumentada (RA), y su aplicación en la gestión de activos, incluyendo

el monitoreo remoto y el diagnóstico predictivo y prescriptivo.

- **Sostenibilidad en la gestión de activos:** en un mundo cada vez más consciente del cambio climático y la escasez de recursos, la sostenibilidad es un imperativo para las organizaciones que buscan asegurar su propio futuro a largo plazo. El congreso exploró enfoques innovadores para integrar la sostenibilidad en la gestión de activos, incluyendo la disminución del consumo de energía, la reducción de residuos y el uso de energías renovables.
- **Gestión de activos centrada en el valor:** la gestión de activos está alineada con los objetivos de negocio y enfocada en maximizar el valor generado por los activos, a lo largo de su ciclo de vida. El evento presentó estrategias innovadoras para alinear la gestión de activos con los objetivos de negocio, incluyendo la gestión del ciclo de vida de los activos, la optimización de la asignación de capital y la medición del retorno de la inversión (ROI) en activos.
- **La gestión del cambio y el talento humano:** la transformación digital y la adopción de nuevas

tecnologías no son posibles sin una adecuada gestión de cambio y el desarrollo de talento humano. El evento abordó la importancia estos temas para garantizar una adopción exitosa de las nuevas estrategias y herramientas, así como la necesidad de desarrollar las y competencias del personal para afrontar los objetivos de las organizaciones.

### Revelando los secretos de la gestión de activos

Las reflexiones técnicas compartidas durante el 8º Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos, proporcionaron una guía de gran valor para los profesionales que aspiran a optimizar sus estrategias de gestión de activos y alcanzar un desempeño superior.

A continuación, les comparto algunas reflexiones que tuve la ocasión de presentar en la instalación del evento, ofreciendo una guía práctica para transformar la gestión de activos, en un motor de creación de valor y de excelencia operacional.

#### 1. La ejecución impecable es la clave para traducir la estrategia en resultados



## TRADUCIR LA ESTRATEGIA EN RESULTADOS LA CLAVE ESTÁ EN LA EJECUCIÓN



*"La excelencia no es un acto, es un hábito"*  
Aristóteles

Fuente: Experiencia Aplicada SAS - Adaptado de Jay Galbraith, adicionando Tecnología

Traducir la estrategia en resultados es un arte que permite que las empresas sean sostenibles y crezcan. La estrategia es sólo el punto de partida porque la verdadera clave para el éxito reside en la ejecución disciplinada y metódica, bajo una estructura organizacional sinérgica, con personas calificadas y comprometidas, procesos optimizados y aprovechando la tecnología, para transformar las ideas en resultados tangibles y medibles.

2. La gestión de activos permite balancear costos, riesgos y desempeño para agregar mayor valor:

En un entorno empresarial incierto y cambiante, la toma de decisiones informadas es fundamental para maximizar el valor generado por los activos. Esto implica recopilar y analizar datos relevantes, evaluar los riesgos y oportunidades, y considerar el impacto a largo plazo de las decisiones. La gestión de activos permite balancear costos, riesgos y desempeño, para evaluar diferentes escenarios y soportar la toma de decisiones informadas sobre la inversión en activos, la optimización de los procesos asociados y la gestión de riesgos.



Fuente: Experiencia Aplicada SAS – Pedro Rosales

3. El sistema de gestión de activos como aliado estratégico:

El sistema de gestión de activos no debe ser percibido como una carga (impuesta por la regulación) o como una moda (para mostrar un certificado en la pared), sino como un aliado estratégico que facilita la toma de decisiones; mejora el desempeño de los activos, optimiza costos y promueve las sinergias y el crecimiento. El sistema de gestión de activos debe ser diseñado e implementado de manera que se ajuste a las necesidades específicas de la organización, que integre los dife-

rentes procesos y funciones, y que proporcione información oportuna y precisa para la toma de decisiones.

4. La madurez del sistema de gestión de activos plataforma para el éxito:

Un sistema de gestión de activos maduro ofrece beneficios tangibles, incluyendo la mejora de la eficiencia; la reducción de costos; la optimización de la toma de decisiones y el aumento de la confianza de los stakeholders. La madurez del sistema de gestión de activos se mide a través de una serie de indica-

## EL SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS NO ES EL OBJETIVO ES LA HERRAMIENTA PARA CONSEGUIR



Fuente: Adaptado de ISO / TC 251, Gestión de Activos

22

dores clave de desempeño (KPIs), que permiten a las organizaciones evaluar su progreso e identificar áreas de mejora continua.

### 5. Tendencias de la gestión de activos a nivel global:

- **El liderazgo visionario como vehículo de cambio y transformación:** para lograr el alto desempeño de una organización, se requiere un liderazgo visionario que impulse la transformación cultural y estimule la colaboración entre los diferentes procesos y áreas de la organización. Los líderes deben ser capaces de comunicar la visión estratégica de forma clara, de inspirar a los empleados y de crear una cultura de confianza y colaboración.
- **La integración y las sinergias como motor de la innovación:** la gestión de activos no debe ser vista como un proceso independiente, sino conectado con todas las áreas de la organización. Se deben eliminar los silos y generar la alineación para simplificar, optimizar recursos y generar eficiencias y competitividad.

## Un futuro prometedor para la gestión de activos

El 8º Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos dejó en claro que el futuro de la gestión de activos es prometedor y que las organizaciones que adopten un enfoque estratégico, proactivo y centrado en el valor, podrán competir con mejores oportunidades.

Es fundamental contar con un Sistema de Gestión efectivo; adoptar mejores prácticas; incorporar nuevas tecnologías; desarrollar el talento humano y fomentar la colaboración, para transformar la gestión de activos en un motor de creación de valor, de excelencia operacional y de sostenibilidad.

Para finalizar quiero expresar mi más sincero agradecimiento a ACIEM, a los patrocinadores, a los participantes y a todos aquellos que hicieron posible el éxito del 8º Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos. ▲

\* Pedro Rosales Navarro. MBA Presidente de los Congresos de Mantenimiento y Gestión de Activos de ACIEM (últimos 10 años)

# Colombia: Sede mundial del Mantenimiento y la Gestión de Activos

**E**n la industria el mantenimiento y la gestión de activos no son solo tareas técnicas, sino pilares estratégicos para la competitividad, la seguridad y la sostenibilidad. Su importancia se puede explicar desde varios ángulos ya que la realización de un mantenimiento bien planificado previene por ejemplo, fallas inesperadas que detienen la producción.

“*Cartagena fue sede del 8° Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos, un evento de talla internacional que convocó a más de 1.800 participantes de diferentes países.*”

Entre tanto, la gestión de activos permite decidir cuándo reparar, renovar o reemplazar una máquina según su ciclo de vida y costo total de propiedad, por lo que esta industria es esencial no solo para evitar pérdidas, sino también para garantizar seguridad, calidad y sostenibilidad. Las empresas que los ven como una inversión y no como un gasto, suelen estar un paso adelante en productividad y competitividad.

Al identificar la importancia que tiene para el país y la Ingeniería socializar y conocer de esta área, del 11 al 13 de junio Cartagena fue sede del 8° Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos, un evento de talla internacional que convocó a más de 1.800 participantes de diferentes países y contó con la presencia de más 80



expertos internacionales y conferencistas de 5 continentes, quienes compartieron metodologías, casos prácticos, desarrollos tecnológicos y buenas prácticas en torno a la gestión eficiente del mantenimiento y los activos.

Organizado por la Asociación Colombiana de Ingenieros - ACIEM, en alianza con la Federación Iberoamericana de Mantenimiento (FIM) y la Asociación Brasileña de Mantenimiento y Gestión de Activos (ABRAMAN), el Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos fue el punto de referencia para conocer experiencias y aplicaciones prácticas de mantenimiento y gestión de activos, tanto a nivel nacional como internacional y que recibió a líderes de la industria global, en un evento sin precedentes para la transformación tecnológica y operativa del sector.

Entre los aspectos académicos destacados del Congreso se encuentran: 6 Master Class con líderes globales del sector; panel académico con expertos de primer nivel y conferencistas de Arabia Saudita, Brasil, Chile, Eslovenia, España, Francia, México, Nueva Zelanda y Colombia que compartieron sus conocimientos, investigaciones y lecciones aprendidas en torno al mantenimiento y la Gestión de Activos.

Temas como el presente y futuro de la normalización internacional en mantenimiento y gestión de activos;

Inteligencia Artificial, computación y mantenimiento; creación de puentes entre IT y OT hacia la Gestión de Activos basada en datos; cómo conectar la gestión de activos y los programas de mantenimiento con la transición energética; la gestión de activos aplicada, entre otros, formaron parte de la diversa agenda académica.

## Logros y retos de la gestión de activos a nivel global

El evento contó con la participación de líderes del sector a nivel global como: Martin Kerr, Director de Structured Change en Australia; John Hardwick de Australia; Ahmed M Jelwah de Aramco en Arabia Saudita; Joao Ricardo Barusso Lafraia de Abraman en Brasil; Janez Tomažin, Presidente del Instituto Europeo de Mantenimiento y Johannes Coetze, Presidente del Global Forum on Maintenance & Asset Management (GFMAM), quienes compartieron en el panel Logros y retos de la gestión de activos a nivel global, el proceso de implementación de la gestión de activos en sus compañías, las ventajas, así como la importancia de mantener la cultura en todos los niveles de la organización.

“*Temas como el presente y futuro de la normalización internacional en mantenimiento y gestión de activos, entre otros, formaron parte de la diversa agenda académica.*”

## Expomantener 2025 y ruedas de negocio

Expomantener, la feria industrial de productos y servicios, realizada en el marco del 8° Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos organizado por ACIEM, se consolidó como un espacio de encuentro clave para el sector industrial colombiano.

Esta feria reunió a 89 stands de empresas pertenecientes a diversos sectores de la economía, incluyendo industria manufacturera, energía, petróleo y gas, infraestruc-

tura, transporte, tecnología y servicios especializados, que tuvieron la oportunidad de presentar sus portafolios de productos y servicios a un público altamente calificado conformado por gerentes, directores y jefes de mantenimiento y gestión de activos de todo el país.

Más que una exposición, Expomantener se convirtió en una plataforma de relacionamiento estratégico, donde los expositores no solo mostraron sus innovaciones, sino que también identificaron oportunidades para establecer alianzas, fortalecer vínculos comerciales y explorar nuevas líneas de negocio.



El escenario contó además con la rueda de negocios, en la que 36 proveedores de servicios participaron activamente, logrando concretar más de 397 citas personalizadas con potenciales clientes y aliados estratégicos. Este espacio permitió que compradores y vendedores dialogaran directamente para identificar oportunidades comerciales en productos, tecnologías y servicios alineados con las necesidades actuales de la industria colombiana.

En este sentido, Expomantener 2025 se reafirmó como un punto de convergencia para la innovación, la transferencia de conocimiento y la creación de sinergias entre empresas, convirtiéndose en un escenario estratégico no solo para la promoción de soluciones de alto valor, sino también para impulsar el crecimiento y la competitividad de las grandes empresas y firmas de ingeniería a nivel nacional.

Así, ACIEM reafirma su propósito de contribuir al desarrollo integral del Ingeniero, al promover espacios de capacitación y actualización continua. Este compromiso busca formar profesionales más competentes en mantenimiento y gestión de activos, preparados para impulsar organizaciones competitivas y altamente productivas. ▲

# Premio ACIEM a la Ingeniería de Mantenimiento y a la Gestión de Activos 2025



En el marco del 8 Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos, se realizó la ceremonia de la entrega del Premio ACIEM a la Ingeniería de Mantenimiento y a la Gestión de Activos 2025, un reconocimiento a la investigación y conocimiento aplicado en este campo de la industria y las organizaciones.

El Comité Académico Evaluador del premio, integrado por expertos Ingenieros nacionales e internacionales, aprobó la presentación de 149 trabajos (78 en sala y 71 en posters), los cuales se destacaron por su calidad, actualidad y aplicabilidad y que también fueron calificados por los participantes del Congreso. El promedio entre el Comité Evaluador y los participantes del Congreso dio como resultado la mejor calificación para otorgar el premio a los mejores trabajos académicos.

## Premio ACIEM a la Ingeniería de mantenimiento

- **Primer puesto:** Ing. Diego Fernando Bejarano, por la presentación del trabajo *“Digitalización de la gestión de mantenimiento: estrategia de éxito para la mejora continua de los procesos y la toma de decisiones basados en la condición de los activos”*.
- **Segundo puesto:** Ing. Alexis Javier Piraján, por la presentación del trabajo *“Estrategia de mantenimiento de unidades de bombeo de Centit basada en análisis de eficiencia energética”*.
- **Mención de honor:** Ing. Edwin Guzmán King, por la presentación del trabajo *“Detective de fallas: la ciencia detrás de la solución de problemas”*.

## Premio ACIEM a la Gestión de Activos

- **Primer puesto:** Ing. Iván Javier Lozada, por la presentación del trabajo *“Maximizando el valor de los datos para mejorar el desempeño y disponibilidad de activos operativos”*.
- **Segundo puesto:** Ing. Victor Gregorio Bacca, por la presentación del trabajo *“Implementación de metodologías RAM y LSA para la optimización del plan de mantenimiento del sistema de propulsión de la Patrullera Oceánica Colombiana (POC)”*.
- **Mención de honor:** Ing. Yenny Andrea Cañaveral, por la presentación del trabajo *“Mantenimiento 4.0: Herramientas para ser más competitivos y sostenibles”*.

## Premio ACIEM a la Ingeniería de mantenimiento

### PRIMER PUESTO



**Diego Fernando Bejarano.**  
Ingeniero Industrial

El primer puesto del Premio ACIEM a la Ingeniería de Mantenimiento fue otorgado al Ingeniero Diego Fernando Bejarano, por la presentación del trabajo *“Digitalización de la gestión de mantenimiento: estrategia de éxito para la mejora continua de los procesos y la toma de decisiones basados en la condición de los activos”*.

El Ingeniero Bejarano destacó en su trabajo presentó una transformación integral del modelo de mantenimiento aplicado a las centrales de generación hidráulica.

Basado en el ciclo PHVA de Deming, el enfoque combina metodologías proactivas y prescriptivas con herramientas digitales como SAP, Power BI y aplicaciones propias, para optimizar la confiabilidad, disponibilidad y eficiencia de los activos.

La digitalización ha permitido integrar múltiples fuentes de información, automatizar procesos, mejorar la toma de decisiones y reducir significativamente el tiempo dedicado a tareas operativas.

[Leer Ponencia](#)

### SEGUNDO PUESTO



**Alexis Piraján**  
Ingeniero Electrónico

El segundo Puesto al Premio ACIEM a la Ingeniería de Mantenimiento fue otorgado al Ingeniero Alexis Javier Piraján, por la presentación del trabajo *“Estrategia de mantenimiento de unidades de bombeo de Cenit basada en análisis de eficiencia energética”*.

El Ingeniero de Cenit compartió la estrategia de mantenimiento predictivo que implementa la compañía, aplicado a sus unidades de bombeo y basada en el análisis de eficiencia energética.

Este sistema en desarrollo monitorea las variables de los equipos, las almacena en la nube y, mediante algoritmos de aprendizaje automático, compara el rendimiento actual con el teórico. Al detectar desviaciones, generará alertas que permitirán identificar la causa de la ineficiencia y tomar medidas correctivas de forma proactiva, con el objetivo de evitar fallas y optimizar el mantenimiento.

[Leer Ponencia](#)

## Premio ACIEM a la Gestión de Activos

### PRIMER PUESTO



**Iván Javier Lozada**  
Ingeniero Electricista

El Primer Puesto del Premio ACIEM a la Gestión de Activos fue otorgado al Ingeniero Iván Javier Lozada, por la presentación del trabajo *“Maximizando el valor de los datos para mejorar el desempeño y disponibilidad de activos operativos”*.

En este trabajo, el Ingeniero Iván Javier expuso la aplicación de una metodología aplicada a la confiabilidad de activos, basada en datos y efectividad del mantenimiento para aumentar la rentabilidad del negocio, priorizando la disponibilidad del sistema, enmarcado en los objetivos estratégicos de la organización (eficiencias en TOTEX y reducción de falla), para lo cual se implementó una metodología de 3 etapas: Identificación y priorización posibles malos actores; eliminación de defectos con un análisis a nivel de detalle y la verificación de la efectividad de las acciones.

[Leer Ponencia](#)

### SEGUNDO PUESTO



**Víctor Gregorio Bacca.**  
Cotecmar

El Segundo puesto fue otorgado al Ingeniero Víctor Gregorio Bacca, por la presentación del trabajo *“Implementación de metodologías RAM y LSA para la optimización del plan de mantenimiento del sistema de propulsión de la Patrullera Oceánica Colombiana (POC)”*.

En este trabajo, el Ing. Bacca compartió la implementación de la metodología de Análisis de Soporte Logístico (LSA) y su integración con el Análisis de Fiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad (RAM) para desarrollar un plan de mantenimiento óptimo al Sistema de propulsión de la Patrullera Oceánica Colombiana (POC).

Utilizando herramientas como el Análisis Funcional de Fallas (FFA), Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), FMEA, LORA, y el Diagrama de Árbol de Fallos (FTD), así como modelos estocásticos y simulaciones con Diagramas de Bloques de Fiabilidad (RBD), es posible optimizar repuestos, recursos y políticas de mantenimiento, maximizando la eficiencia operativa y reduciendo costos.

[Leer Ponencia](#)

## Mención de Honor Premio ACIEM a la Ingeniería de mantenimiento

### MENCIÓN DE HONOR



**Edwin Guzmán King**  
Ingeniero Electrónico

La mención de honor fue otorgada al Ingeniero Edwin Guzmán King, por la presentación del trabajo *“Detective de fallas: la ciencia detrás de la solución de problemas”*.

En su trabajo, el Ing. Edwin Guzmán compartió sobre su experiencia con el análisis de fallas, el cual es un elemento esencial para garantizar la confiabilidad y disponibilidad de equipos, evitando intervenciones innecesarias y comprendiendo el "deber ser" del sistema.

En la experiencia del Ingeniero Guzmán, una falla no "se encuentra", se especifica, y su causa se identifica con metodologías adecuadas. Esta conferencia enseñó un enfoque sistemático para minimizar errores, evitar fallas repetitivas y tomar decisiones informadas, así como fortalecer la cultura de solución de problemas y alinear las acciones correctivas con la confiabilidad operativa.

[Leer Ponencia](#)

## Mención de Honor Premio ACIEM a la Gestión de Activos

### MENCIÓN DE HONOR



**Yenny Andrea Cañaverál.**  
Ingeniera Industrial

La mención de honor al Premio ACIEM a la Gestión de Activos fue otorgada a la Ingeniera Yenny Andrea Cañaverál, por la presentación del trabajo *“Mantenimiento 4.0: Herramientas para ser más competitivos y sostenibles”*.

El trabajo presentó la transformación del área de mantenimiento en Industrias Haceb hacia un enfoque basado en la gestión de activos y el mantenimiento 4.0. Este modelo integra tecnologías de monitoreo en línea, análisis de datos y estrategias como RCM y RBI, permitiendo una gestión proactiva de los activos. Se destacó además herramientas como la medición y control del consumo energético, que logró reducir el consumo anual en un 5%, y el mantenimiento basado en condición, que mejora la toma de decisiones y la eficiencia operativa.

La Ingeniera Cañaverál socializó casos de estudio que evidencian cómo el monitoreo en tiempo real, les permitió detectar fallas potenciales en servomotores y bombas, asociadas tanto a condiciones internas como a factores externos.

[Leer Ponencia](#)

# La nueva versión de la ISO 55001:2024 y sus normas complementarias

POR: LEONARDO PINILLA RODRÍGUEZ; JUAN CARLOS VILLEGAS VERA Y AIDA TATIANA ROJAS HENAO\*

La gestión de activos se ha convertido en un elemento muy importante en la estructuración y fortalecimiento del direccionamiento estratégico para organizaciones intensivas en activos, permitiendo analizar las etapas en la que se crea y optimiza el valor a partir de los activos a lo largo de su ciclo de vida.

Desde su publicación inicial en el año 2014, la norma ISO 55001 ha servido como marco de referencia para el establecimiento de sistemas de gestión que logran una operación eficiente, confiable, rentable y sostenible. Sin embargo, para responder a un contexto global marcado por rápidos avances tecnológicos, compromisos ambientales más estrictos y riesgos operativos más complejos, se hizo necesario revisar y actualizar la norma, así como el desarrollo de estándares y normas complementarias.

La generación de valor, el alineamiento y el liderazgo son los principios que guían la gestión de activos para tener como resultado el aseguramiento, la adaptabilidad y la sostenibilidad de la organización.

“La nueva versión incorpora de manera detallada el requisito de la construcción y aplicación del plan estratégico de gestión de activos (PEGA), esto con el fin de posicionarlo estratégicamente.”



## Estructura de la ISO 55001:2024

La versión 2024 de la ISO 55001, introduce nuevas directrices y requerimientos que fortalecen el alineamiento estratégico de los sistemas de gestión de activos, a través un artefacto mejor especificado como lo es el Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA).

La ISO 55001:2024 conserva la estructura de alto nivel (HLS, por sus siglas en inglés), que garantiza la compatibilidad con otras normas ISO, como la 9001 (Gestión de la Calidad), la 14001 (Gestión Ambiental) y la 31000 (Gestión de Riesgos).

Esta estructura permite a las organizaciones trabajar bajo un sistema de gestión integrado, generando coherencia y eficiencia en la administración de procesos organizacionales.

La norma se organiza en capítulos que abarcan:

1. **Contexto de la organización:** identificación de factores internos y externos relevantes
2. **Liderazgo:** fortalecimiento del compromiso de la alta dirección en la gestión de activos.

3. **Planificación:** evaluación de riesgos, oportunidades y establecimiento de objetivos estratégicos.
4. **Apoyo:** disponibilidad de recursos, competencias, comunicación y gestión de información.
5. **Operación:** Planificación, control y ejecución de actividades asociadas a los activos.
6. **Evaluación del desempeño:** monitoreo, medición, análisis y auditorías.
7. **Mejora:** identificación de oportunidades de mejora y acciones correctivas.

## Principales cambios y nuevos requisitos

La ISO 55001:2024 incorpora una serie de nuevos elementos que reflejan los retos actuales de las organizaciones, en la gestión de activos. Entre estos se destacan:

- **Refuerzo de la gestión del riesgo y la resiliencia**  
El estándar amplía su alcance en la gestión del riesgo, incorporando la evaluación de riesgos estratégicos, operativos y ambientales que puedan comprometer la continuidad del negocio y la resiliencia de las organizaciones, frente a eventos disruptivos. Separa la gestión del riesgo de la gestión de oportunidades, las cuales deben ser aprovechadas para el logro de los objetivos de la organización.



- **Acciones predictivas**

La norma reconoce la creciente importancia de mejorar las acciones predictivas, como alternativa del preventivo, para determinar puntos óptimos de intervención como mantenimiento, renovaciones o reemplazos entre otros. Estas acciones demandan la integración de tecnologías como Internet de las cosas (IoT), gemelos digitales y analítica avanzada con los procesos de gestión de activos.

- **Reforzamiento del monitoreo y la evaluación del desempeño**

La nueva versión establece la necesidad de indicadores de desempeño más integrados, que reflejen la contribución de los activos a los objetivos estratégicos y permitan una evaluación más precisa.

- **Gestión del conocimiento organizacional**

Se introduce un nuevo enfoque en la gestión del conocimiento asociado a los activos, incluyendo la captura, transferencia y uso efectivo de lecciones aprendidas, información técnica y capacidades humanas. La ISO 55012 presenta las orientaciones correspondientes a la gestión del conocimiento.

“Generación de valor, alineamiento y liderazgo son principios que guían la gestión de activos para tener como resultado aseguramiento, adaptabilidad y sostenibilidad en la organización.”

- **Toma de decisiones y generación de valor en la gestión de activos**

En esta nueva versión la toma de decisiones en todos los niveles de una organización es un requisito a cumplir. Está diseñado para que las organizaciones de todos los tamaños desarrollen y apliquen un marco o un modelo de toma de decisiones. La ISO está desarrollando una guía para orientar este requisito (ISO 55014).

- **Plan estratégico de gestión de activos e Integración de la sostenibilidad**

La nueva versión incorpora de manera detallada el requisito de la construcción y aplicación del plan estratégico de gestión de activos (PEGA), esto con el fin de posicionarlo estratégicamente en el sistema de gestión y a su vez, diferenciarlo de los planes de gestión de activos (PGA).

La orientación en el PEGA incluye la sostenibilidad como principio clave, permitiendo que las organizaciones consi-

deren los impactos ambientales y sociales de sus activos, además de los beneficios económicos generados. Este enfoque responde a las metas globales establecidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y las iniciativas internacionales en materia de cambio climático (ISO, 2024).

➤ **Mayor participación de las partes interesadas**

La norma requiere un enfoque estructurado para garantizar la inclusión de las partes interesadas en la gestión de activos, lo que promueve una colaboración efectiva y mayor transparencia en las acciones que conducen a la generación de valor a partir de los activos (ISO, 2024).



**Desafíos para las organizaciones**

La transición hacia la implementación de la ISO 55001:2024 plantea varios desafíos. Entre ellos destacan:

- **Adopción de la sostenibilidad:** rediseñar procesos y estrategias para incorporar metas ambientales y sociales, puede requerir inversiones significativas en tecnologías limpias y transformación organizacional.
- **Transformación digital:** la incorporación de herramientas tecnológicas implica superar barreras asociadas a los costos iniciales, formación del personal y adaptación de metodologías tradicionales. Contribuir a mejorar la competitividad y eficiencia logística del país.
- **Gestión del cambio:** la actualización de los sistemas de gestión de activos exige un cambio cultural profundo, particularmente en lo relacionado con la participación de las partes interesadas y la gestión del conocimiento.
- **Cumplimiento regulatorio y normativo:** las organizaciones deben garantizar la alineación de sus estrategias con normativas locales e internacionales más exigentes.

**Actividades para la incorporación de los nuevos requisitos**

Para las organizaciones que buscan renovar su certificación, incluyendo la nueva versión de la ISO 55001:2024, se recomiendan las siguientes actividades: Realizar un análisis de brechas (gap analysis): identificar diferencias entre el sistema actual y los nuevos requisitos de la norma.

1. **Realizar un análisis de brechas (gap analysis):** identificar diferencias entre el sistema actual y los nuevos requisitos de la norma.
2. **Actualizar la documentación:** revisar y adaptar políticas, procedimientos, protocolos y registros sobre los nuevos requisitos que detallan mayores exigencias.
3. **Capacitar al personal:** formar a los equipos en los cambios introducidos por la nueva versión y su impacto en la gestión operativa, estratégica, además de mejorar el entendimiento para la auditoría interna.
4. **Revisar indicadores de desempeño:** incorporar métricas más robustas para evaluar la eficacia del sistema de gestión de activos.
5. **Fortalecer la estrategia organizacional:** alinear los objetivos de la gestión de activos con los planes estratégicos corporativos para maximizar el valor generado.

“La actualización de la ISO 55001:2024 representa un avance significativo en la gestión de activos, al incorporar conceptos claves que dan mayores claridades para cada artefacto clave como los son el PEGA y los PGA.”

**Conclusiones sobre la actualización de la norma ISO 55001-2024**

La actualización de la ISO 55001:2024 representa un avance significativo en la gestión de activos, al incorporar conceptos claves que dan mayores claridades para cada artefacto clave como los son el PEGA, los PGA, la

toma de decisiones, alineación con los principios de sostenibilidad, digitalización y resiliencia organizacional.

Las organizaciones que adopten este estándar tendrán la oportunidad de fortalecer sus prácticas operativas y estratégicas, preparándose para los desafíos futuros y generando un valor sostenible a largo plazo a partir de sus activos.

Este marco normativo no solo es una guía técnica, sino también un motor de transformación empresarial que promueve la excelencia operativa, el compromiso ambiental y la generación de confianza con las partes interesadas.



## Normas complementarias publicadas en 2024

**ISO 55010. Orientación sobre la alineación de las funciones financieras y no financieras en la gestión de activos.**

¿Qué se entiende por funciones financieras y no financieras? en el ámbito de la gestión de activos “*las funciones financieras se refieren a procesos y actividades tales como costos administrativos y contabilidad, presupuestos, financiamiento y valoración relacionados con los activos. Las funciones no financieras son los procesos y actividades complementarios, para proporcionar un producto o servicio a partir de los activos*”; esta norma orienta a la organización sobre cómo se puede lograr la alineación de estas funciones y promueve los beneficios que esta alineación trae para lograr los resultados previstos.

**ISO 55011. Orientación para la elaboración de políticas públicas que permitan la gestión de activos.** Este documento proporciona orientación para avanzar en la adopción de la gestión de activos, a través de políticas

públicas centradas específicamente en el contexto externo de todas las organizaciones que gestionan activos, describe además cómo los participantes en ese entorno pueden actuar e interactuar entre sí, para influir en el desarrollo y despliegue de políticas públicas que permitan la gestión de activos la región o en el país, que permitan alcanzar los objetivos gubernamentales.

“*La gestión eficaz de activos suele basarse en la gestión adecuada de los datos pertinentes a los activos. Las organizaciones pueden administrar los datos como un activo para respaldar su gestión organizacional.*”

**ISO 55012. Orientación sobre la participación y la competencia de las personas.**

La participación activa de las personas es fundamental para lograr un desempeño eficaz del sistema de gestión de activos y de sus procesos; este documento establece pautas para mejorar la vinculación de las personas y para desarrollar las competencias necesarias para colaborar adecuadamente en las actividades de gestión de activos. La participación activa cubre a la alta dirección y otros gerentes de la organización, así como de las personas responsables de ejecutar estrategias y planes.

**ISO 55013. Orientaciones sobre la gestión de activos de datos.**

Este documento pretende facilitar a las organizaciones la gestión de datos en el contexto de la gestión de activos. La gestión eficaz de activos suele basarse en la gestión adecuada de los datos pertinentes a los activos. Las organizaciones pueden administrar los datos como un activo para respaldar su gestión organizacional. Este documento cubre la gestión de datos tanto para respaldar la práctica de la gestión de activos como para manejar los datos como un activo. ▲

\* Aida Tatiana Rojas Henao, Gestor Líder de Proyectos de Normalización en ICONTEC; Leonardo Pinilla Rodríguez, Director de Consultoría en Strategy Colombia; Juan Carlos Villegas Vera, Director Comisión de Mantenimiento y Gestión de Activos – ACIEM.



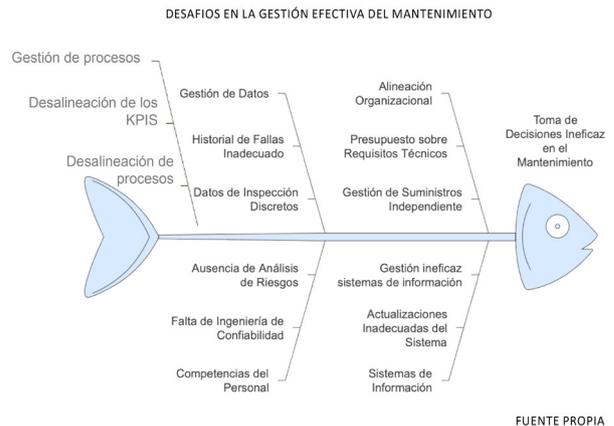
- Gestión de Información: Inadecuada gestión de datos, soportado por sistemas de información deficientes y poca trazabilidad de los datos.
- Análisis del Costo, Riesgo, Beneficio: Ausencia de análisis de datos y evaluación de riesgos en la toma de decisiones que permitan maximizar el Return on Assets o Retorno de Activos (ROA) y el Retorno de la Inversión (ROI) y una correcta definición de presupuestos.
- Gestión de Inventarios y repuestos: Inventarios mal gestionados, sin control de criticidad ni políticas claras, afectan disponibilidad y costos (tiempos muertos, intervenciones innecesarias).
- Integración de sistemas: La dificultad para integrar nuevos activos (tecnologías más avanzadas o sistemas 4.0) en sistemas existentes causa problemas técnicos y de desempeño.
- Medición y mejora continua: La ausencia o mala definición de Indicadores Claves de Rendimiento (KPIs) y la escasa práctica de análisis de causa raíz, impiden el aprendizaje organizacional y la optimización basada en evidencia.

“La ausencia o mala definición de Indicadores Claves de Rendimiento (KPIs) y la escasa práctica de análisis de causa raíz, impiden el aprendizaje organizacional y la optimización basada en evidencia.”

## Propuesta metodológica para “hacer bien” el mantenimiento

- Gobierno y liderazgo (política, roles, objetivos): Establecer gobierno de activos, clarificar roles, competencias y responsabilidades; alinear objetivos de mantenimiento con los objetivos organizacionales y con la capacidad de gestión del riesgo.

ISO 55001:2024 refuerza el enfoque en decisiones y realización de valor, así como en la gestión de datos y conocimiento para sustentar esas decisiones.



- Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA): Elevar el PEGA como puente entre la estrategia corporativa y los planes de mantenimiento. La versión 2024 de la norma ISO 55001 resalta explícitamente la planificación de la gestión de activos y separa riesgos de oportunidades, evitando sesgos solo al lado negativo del riesgo.
- Decisión Costo–Riesgo–Beneficio (CRB): Estandarizar criterios y umbrales CRB para priorizar intervenciones y la toma de decisiones en la gestión de mantenimiento (p. ej., diferir, modificar o ejecutar tareas). Integrar CRB a la evaluación de alternativas (AHP/árboles de decisión) y a KPIs de efectividad.
- Ciclo de vida y dependabilidad (IEC 60300): Planificar, ejecutar y revisar el mantenimiento dentro del ciclo de vida del activo (diseño, construcción, operación, cambios, retiro), integrando confiabilidad, mantenibilidad y soporte (RAMS) en cada fase.
- Datos, información y conocimiento: Gestionar datos maestros, históricos de fallas y contexto operativo para alimentar el proceso de toma de decisiones. ISO 55001:2024 enfatiza la gobernanza de información y conocimiento como habilitador del valor.
- Selección táctica por criticidad (qué hacer y por qué): RCM (Reliability-Centered Maintenance)

ce) conforme a IEC 60300-3-11 y SAE JA1011; FMEA/AMEF (IEC 60812) para identificar modos/causas/efectos; RBI (API RP 580) para inspecciones basadas en riesgo; RAM/LCCA (IEC 61078; IEC 60300-3-3) para modelar disponibilidad y costos de ciclo de vida.

- **Habilitadores digitales (con propósito):** CMMS/EAM para planificación/ejecución, APM para analítica de salud, IIoT/monitorización de condición e IA para detección de patrones y priorización; siempre subordinados a decisiones CRD y objetivos del SAMP.
- **Medición y mejora:** Definir KPIs de efectividad (p. ej., costo de mantenimiento/valor de reemplazo, MTBF, disponibilidad, backlog, efectividad del plan), cerrar bucles con RCA y auditorías, y ajustar la táctica según resultados—en línea con el ciclo de mejora de ISO 55001.



### Costo riesgo beneficio alineado con la gestión de activos

CRB (Costo–Riesgo–Beneficio) se propone como eje para priorizar, seleccionar y ajustar estrategias de mantenimiento. El proceso comprende: definir el problema/oportunidad, identificar beneficios; determinar la solución óptima usando parámetros CRD y métodos como AHP/Delphi/árboles de decisión, RCM/RBI/RAM+LCCA, TCO, FMEA y HAZOP, garantizando

trazabilidad hacia creación de valor financiero y no financiero para las partes interesadas.

Este enfoque es coherente con ISO 55001:2024, que exige alinear decisiones con contexto, liderazgo, gestión del riesgo, competencia, control operacional y evaluación del desempeño; y con IEC 60300 (familia de guías de confiabilidad y soporte de mantenimiento) que orienta la Ingeniería de confiabilidad, análisis de fallos y sostenibilidad del soporte a lo largo del ciclo de vida.

### Hoja de ruta propuesta (seis pasos)

**Paso 1. Diagnóstico de brechas y contexto organizacional:** Evaluar alineación estratégica, gobierno, procesos y cultura; identificar fricciones interfuncionales y madurez en datos/KPIs.

**Paso 2. Análisis estructurado:** Aplicar criticidad, FMEA/RCA y RCM para comprender modos de falla, consecuencias y prioridades de intervención; vincular riesgos operacionales y de negocio (CRB).

**Paso 3. Diseño de la estrategia de mantenimiento:** Definir la mezcla preventiva/predictiva/correctiva por familia de activos y los criterios de intervención; establecer KPIs y metas operativas/financieras.

**Paso 4. Gestión de materiales y repuestos de alto desempeño:** Gobernar el catálogo de repuestos, criticidad, políticas ABC-XYZ, cobertura/stock de seguridad y criterios de obsolescencia; coordinar mantenimiento–abastecimiento para disponibilidad con costo total óptimo.

**Paso 5. Gobernanza, roles y competencias:** Fortalecer liderazgo, clarificar responsabilidades, formalizar procesos y documentación; desarrollar competencias técnicas y de análisis para la toma de decisiones CRB.

**Paso 6. Evaluación y mejora continua:** Auditorías periódicas, RCA sistemático y realimentación a planes/estrategias según resultados, cerrando el ciclo

de aprendizaje organizacional (alineado a la conclusión de “optimización basada en resultados”).

## Discusión

La evidencia sugiere que la raíz del problema no es la falta de metodologías, sino su orquestación: gobierno, competencias, datos y rutinas de revisión. Donde se consolidan procesos de decisión CRB, los conflictos de objetivos (costos vs. riesgo vs. beneficio) se transforman en el sacrificio de objetivos explícitos, alineados con políticas y objetivos organizacionales mayores. Así mismo, una gestión de inventarios y materiales gobernada por criticidad y cobertura, evita que el presupuesto “dirija” la estrategia, por el contrario, el presupuesto se vuelve resultado de decisiones bien formuladas.

*“Así mismo, una gestión de inventarios y materiales gobernada por criticidad y cobertura evita que el presupuesto dirija la estrategia. Por el contrario, el presupuesto se vuelve resultado de decisiones bien formuladas.”*

## Conclusiones

1. Alineación con la estrategia organizacional. La adopción disciplinada de buenas prácticas, soportada en procesos descriptivos y trazables, permite que mantenimiento se integre a los objetivos estratégicos y contribuya a la creación de valor.
2. Prevención y comprensión de la falla. La orientación prioritaria debe ser entender y evitar la falla, mediante preventivo y monitoreo de condición, en lugar de focalizarse en la corrección post-evento.
3. Tecnología con propósito. La integración de tecnologías (monitoreo, análisis, predicción) debe realizarse solo cuando esté alineada con necesidades y objetivos estratégicos; de lo contrario, añade complejidad sin valor.
4. Gestión de materiales e inventarios como habilitador del desempeño. Una gestión eficiente de repuestos promueve la interdependencia entre mantenimiento y la cadena de suministro y soporta niveles de desempeño superiores.
5. Datos, información y conocimiento. La calidad de los datos es la base para KPIs útiles y decisiones CRD confiables; sin datos adecuados, no hay mejora sostenible.
6. Presupuesto como consecuencia. Un presupuesto de mantenimiento efectivo resulta de una gestión sólida de confiabilidad, que asegure desempeño y riesgo en niveles óptimos; no debe imponerse como sustituto de la estrategia. ▲

*“La integración de tecnologías (monitoreo, análisis, predicción) debe realizarse solo cuando esté alineada con necesidades y objetivos estratégicos; de lo contrario, añade complejidad sin valor.”*

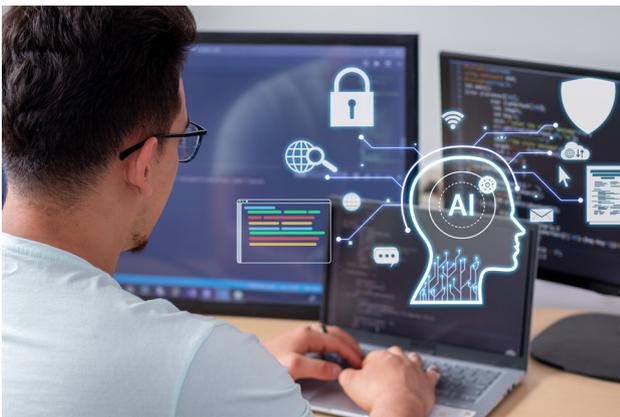
\*Leonardo Pinilla Rodríguez y Juan Carlos Villegas Vera, integrantes de la Comisión Nacional de Mantenimiento y Gestión Activos de ACIEM.

# Inteligencia Artificial y algunas consideraciones éticas

POR: GERMÁN NOGUERA CAMACHO\*

**E**tica e “Inteligencia artificial”, dos conceptos que pueden resultar difíciles de acotar, y podríamos dedicar todo el artículo, o toda la revista a tratar de definirlos antes de avanzar en el tema.

Lo que denominamos Inteligencia Artificial (IA) no es un sólo desarrollo o una única aplicación. Podemos considerar que se trata de un conjunto de desarrollos informáticos, en constante y cada vez más veloz evolución, con un recorrido que ha tomado varias décadas.



(Recordemos los desafíos para desarrollar máquinas capaces de descifrar un texto encriptado, o programas capaces de sostener una partida de ajedrez con una persona), que pretenden imitar lo que los humanos pueden hacer intelectualmente al realizar tareas como análisis e interpretación de datos, generación de textos o imágenes, reconocimiento de patrones, comprensión del lenguaje, revisión de documentos, traducción de textos de un idioma a otro, búsqueda y selección de información, decisiones complejas o resolución de problemas, entre otras.

Muchas de estas acciones, apalancadas en altas velocidades de procesamiento y acceso a grandes volúmenes de información, superan en este sentido la capacidad humana.

Y en cuanto a la ética, podemos quedarnos con que: 1) Se trata de hacer lo correcto para el bienestar propio, de los demás y de lo demás (cuándo tenemos en cuenta aspectos como lo ambiental y la sostenibilidad), o como dice José Ramón Ayllón: “Hacer lo que hay que hacer y evitar lo que hay que evitar” y 2) Debe ser algo cotidiano, que enmarca nuestras actividades diarias y no algo eventual.

A diferencia de otros desarrollos de tecnología que se han dado a lo largo de la historia de la humanidad, o de lo que vemos hoy en día en el marco de la cuarta revolución industrial o industria 4.0, que tienen aplicación en campos particulares, la IA además de tener aplicación en campos particulares, aparece cada vez más en nuestras actividades cotidianas en los motores de búsqueda en los computadores; aplicaciones domóticas; programas que interpretan lo conversado en una reunión virtual para resumir lo tratado o revisar un texto para extraer las ideas o puntos principales; aplicaciones para determinar las mejores rutas para un destino; vehículos autónomos o interfases que utilizan el lenguaje hablado o escrito como Siri o Alexa (asistentes virtuales) o ChatGPT que facilitan la interacción de las personas con las máquinas.

Lo que denominamos “inteligencia artificial” está impactando de manera significativa la forma en que vivimos y está modificando el ejercicio de muchas actividades profesionales, como la medicina,

el derecho, la economía, las comunicaciones o la Ingeniería. También la producción industrial, el sector financiero; los gobiernos; la educación; las relaciones laborales y también la manera cómo se estructuran y funcionan los grupos sociales y la sociedad en general.

“ Lo que denominamos “inteligencia artificial” está impactando de manera significativa la forma en que vivimos y está modificando el ejercicio de muchas actividades profesionales.”

Y si bien vemos y reconocemos los aportes y beneficios de la IA, no podemos dejar de lado la necesidad de enfrentarnos a retos significativos como los relacionados con la privacidad o la seguridad de los datos; los sesgos informáticos; el beneficio de pocos a costa del beneficio general, entre otros.

Bien sea por causa de un algoritmo mal programado por error, o porque a propósito se utiliza una aplicación para generar un daño, el uso inapropiado de la IA puede ocasionar consecuencias negativas para las personas o para la sociedad.

Los riesgos que conlleva el uso de la IA no son algo teórico, hoy nos enfrentamos a situaciones reales de fraude, suplantación, discriminación, desinformación, accidentes que incluso han ocasionado la pérdida de vidas, entre otros problemas.

“ Los riesgos que conlleva el uso de la IA no son algo teórico, hoy nos enfrentamos a situaciones reales de fraude, suplantación, discriminación, entre otros.”

Y esto nos lleva a considerar la ética en la IA. La ética no puede ser un elemento accesorio o complementario al desarrollo o utilización de esta herramienta, sino que debe ser parte de los desarrollos y su utilización.

En la Unión Europea se ha advertido en cuanto a que la IA por sus características (como la opacidad, la complejidad, la dependencia de datos o el comportamiento autónomo) puede tener repercusiones negativas, y por ello la Comisión Europea (2019) insiste en la necesidad de una “IA confiable” construida sobre principios como la transparencia, la equidad y el control humano continuo.



El documento *Recomendación sobre la ética de la Inteligencia Artificial*, adoptado en 23 de noviembre de 2021 por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), reconoce (entre otros puntos):

- “Las repercusiones positivas y negativas profundas y dinámicas de la Inteligencia Artificial (IA) en las sociedades, el medio ambiente, los ecosistemas y las vidas humanas, en particular en la mente humana, debido en parte a las nuevas formas en que su utilización influye en el pensamiento, las interacciones y la adopción de decisiones de los seres humanos y afecta a la educación, las ciencias sociales y humanas, las ciencias exactas y naturales, la cultura y la comunicación y la información”.

- Y “que las tecnologías de la IA pueden agravar las divisiones y desigualdades existentes en el mundo, dentro de los países y entre ellos, y que es preciso defender la justicia, la confianza y la equidad para que ningún país y ninguna persona se queden atrás, ya sea mediante el acceso equitativo a las tecnologías de la IA y el disfrute de los beneficios que aportan o mediante la protección contra sus consecuencias negativas”.



Entre otros objetivos, pretende este documento: a) proporcionar un marco universal de valores, principios y acciones para orientar a los estados en la formulación de sus leyes, políticas u otros instrumentos relativos a la IA; b) orientar las acciones de las personas, los grupos, las comunidades, las instituciones y las empresas del sector privado a fin de asegurar la incorporación de la ética en todas las etapas del ciclo de vida de los sistemas de IA; c) proteger, promover y respetar los derechos humanos y las libertades fundamentales, la dignidad humana y la igualdad.

Y propone unos principios y unos valores que deben ser considerados en todas las etapas del ciclo de vida de los sistemas de IA. Los principios propuestos son:

- Proporcionalidad e inocuidad
- Seguridad y protección
- Equidad y no discriminación
- Sostenibilidad
- Derecho a la intimidad y protección de datos
- Supervisión y decisión humanas

- Transparencia y explicabilidad
- Responsabilidad y rendición de cuentas
- Sensibilización y educación
- Gobernanza y colaboración adaptativas y de múltiples partes interesadas.

El mismo documento de la UNESCO dedica una sección a los ámbitos de actuación en relación con: Evaluación del impacto ético; gobernanza y administración éticas, política de datos; desarrollo y cooperación internacional; medio ambiente y ecosistemas; género; cultura; educación e investigación; comunicación e información; economía y trabajo y salud y bienestar social.

Desde luego, la IA no es un ser humano, aunque con frecuencia interactúa con algunas aplicaciones como si fuesen personas. En la legislación europea se trata de manera predominante, a la IA como un “producto” ofrecido a usuarios finales y productores, y que los daños causados por dicho producto deben evaluarse dentro del ámbito de responsabilidad del productor. Pero ya de manera preocupante, se han propuesto planteamientos alrededor de conceptos como “persona no humana”, “persona electrónica” o “humano artificial”.

“ Desde luego, la IA no es un ser humano, aunque con frecuencia interactúa con algunas aplicaciones como si fuesen personas.”

Además de la implicaciones que puede tener en el campo de la responsabilidad, también está sobre la mesa el aspecto de derechos, relacionados, por ejemplo con la autoría de investigaciones, tareas escolares, documentos, textos, piezas publicitarias, animaciones digitales, “obras de arte”, o “producciones literarias” hechas por, o con ayuda de, herramientas de IA y, de la mano de estos, también la posible vulneración a derechos de propiedad intelectual o derechos de autor, que pueden ser afectados cuando esta recurre a

búsquedas y consultas en internet y toma fragmentos de muchos orígenes y los combina para generar la respuesta a una consulta o solicitud.

“ También está sobre la mesa el aspecto de derechos, relacionados, por ejemplo con la autoría de investigaciones, tareas escolares, documentos o textos.”

En fin, son muchos los temas que surgen de la ética y la IA, y si bien la “*inteligencia artificial*” está relacionada con tecnología e Ingeniería, va mucho más allá. Por otra parte, no se puede desconocer que la Ingeniería también es mucho más que sólo técnica, es un elemento fundamental en la sociedad, pues atiende una función social al contribuir a la solución de problemas y mejoramiento de la calidad de vida de las personas, y en este contexto, puede estar relacionada, si no con todos los ámbitos de la UNESCO anteriormente citados, con buena parte de ellos.

Desde la Comisión Nacional de Ética de ACIEM, se ha planteado considerar la ética de la IA en tres ámbitos:

- Desarrolladores de herramientas y aplicaciones (productores).
- Comercializadores o vendedores de plataformas y aplicaciones.
- Usuarios y la utilización de la IA en la práctica.

En el documento CONPES “*Marco ético para la Inteligencia Artificial en Colombia*” se plantea que “*la cuarta revolución industrial, en especial tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial tienen el potencial de au-*

*mentar considerablemente el crecimiento económico y de resolver problemas sociales estructurales como el cambio climático, la desigualdad y la corrupción*”.



En dicho documento se desarrollan los conceptos de la “*ética de los datos*”, la “*ética de los algoritmos*” y la “*ética de las prácticas*”, y su relación con aspectos como transparencia, responsabilidad, equidad, no discriminación e inclusión, seguridad, privacidad o beneficio social.

## Comentario final

¿Un cuchillo, será algo bueno o algo malo?, es evidente que el elemento en sí no es bueno ni malo. Sin embargo, el uso que se le dé sí puede serlo. De manera similar, los desarrollos informáticos, o las tecnologías que permiten estos desarrollos, en el contexto de lo que se ha denominado “*Inteligencia artificial*” no son buenos o malos. Son herramientas a las que se les puede dar un buen o mal uso.

Un llamado a los Ingenieros colombianos para que como usuarios, promotores o comercializadores o productores-desarrolladores de IA tengan en cuenta como faro orientador y marco de referencia, los principios éticos de la Ingeniería colombiana: Veracidad, Integridad, Responsabilidad y Precisión, sin duda aportarán a un mejor proceder y ejercicio profesional. Por el país que queremos, ¡Sí a la ética!. ▲

\*Germán Noguera Camacho. Director de la Comisión de ética de Asociación Colombiana de Ingenieros ACIEM

## Fortalecimiento Seccionales y Capítulos ACIEM



En los meses de junio y julio el Ing. Carlos Arturo Cárdenas Guerra, Presidente Nacional de ACIEM, se reunió con las Juntas Directivas de las Seccionales y Capítulos de ACIEM (Caldas, Santander, Norte de Santander, Bolívar) con las que compartió las estrategias del Plan de Gobierno ACIEM 2025-2028 y el concurso de las regiones, a través de las Seccionales y Capítulos en favor de los jóvenes; la capacitación de los Afiliados y una mayor presencia gremial ante el país, con el apoyo de las Comisiones Nacionales de Estudio de la Asociación.

## ACIEM - Red Nuclear



El pasado 01 de agosto ACIEM estableció un convenio con la Red Nuclear Colombiana con el objetivo de fortalecer la investigación, docencia y divulgación en ciencia y tecnologías nucleares.

## Mesa de trabajo ANE - ACIEM - Direct to Device



El pasado 12 de agosto, ACIEM participó en la mesa de trabajo convocada por la Agencia Nacional del Espectro (ANE), en la que también participaron entidades de los sectores público, privado y académico para analizar el potencial de D2D (Direct-to-Device) en el país, el cual es clave para ampliar cobertura en zonas remotas y garantizar servicios esenciales. Este espacio de trabajo forma parte de la posición de Colombia en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-27).

## Celebración día del Ingeniero



El Pasado 27 de Agosto se realizó en las instalaciones de ACIEM, la celebración del día del Ingeniero, un espacio para resaltar el papel de nuestros Ingenieros Afiliados y la Ingeniería en la construcción de país.

## XV Congreso Internacional del Espectro ANE-ACIEM



Del 25 al 26 de agosto la Agencia Nacional del Espectro y ACIEM realizaron el XV Congreso Internacional del Espectro, un espacio reunió a líderes, expertos y tomadores de decisiones para pensar el futuro de la conectividad.

## ACIEM - Ministerio de Minas y Energía



El Ing. Carlos Arturo Cárdenas, Presidente Nacional de ACIEM y el Ing. Juan Carlos Bedoya, Director de la Oficina de Asuntos Regulatorios del Ministerio de Minas y Energía, se reunieron el pasado 3 de septiembre con el objeto de analizar temas clave para el sector energético del país tales como la Situación de las tarifas de energía eléctrica; los avances en el proyecto de Comunidades Energéticas y el análisis de riesgos y aportes a la última modificación del RETIE.



**Consejo Profesional Nacional de Ingenierías  
Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines**

# La Matrícula Profesional:

Requisito para ejercer la Ingeniería

## Ley 51 de 1986



**Calle 70 No. 9 - 10**

**[www.consejoprofesional.org.co](http://www.consejoprofesional.org.co) • [info@consejoprofesional.org.co](mailto:info@consejoprofesional.org.co)**