



**En movimiento: voces  
regionales y conexiones  
internacionales para  
la Ingeniería Colombiana**



28º CONGRESO INTERNACIONAL DE  
MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS



EXPO  
MANTENER  
2026



# ¡VINCÚLATE COMERCIALMENTE!



## Patrocinios Físicos y Digitales

Llega a un público especializado a través de espacios físicos, piezas oficiales y plataformas digitales de ACIEM.



## Stand en Expomantener

Conecta, genera negocios y exhibe tus productos y servicios frente a clientes potenciales en la muestra comercial de nuestro Congreso.



## Activación de marca

Crea experiencias memorables que conecten emocionalmente con los asistentes.

22 | 23 | 24  
ABRIL 2026



Centro de Convenciones Ágora - Bogotá

## ¡CONTÁCTANOS!

📞 (+57) 310 816 27 66 - 310 218 7914  
✉️ comercial@aciem.co  
🌐 www.cimga.com

# 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.

**PRESIDENTES CAPÍTULOS Y SECCIONALES**

Juan Ignacio Gutiérrez Hoyos - **ACIEM Seccional Antioquia**, 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**,  
Gabriel Ordóñez Plata - **ACIEM Seccional Santander**, 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**

**DIRECTOR EDITORIAL**

Antonio García Rozo

**COORDINADORA DE PRODUCCIÓN Y CONTENIDOS**

Diana Patricia Castellanos Martínez

**PRODUCCIÓN PERIODÍSTICA**Diana Patricia Castellanos Martínez  
Carlos Alberto Espitia Otálora**DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN****Diseño de Portada y Diagramación**Oscar Eduardo Patiño Cardona  
Departamento de Comunicaciones ACIEM**Fotografías**

ACIEM/ Freepik/ Envato Elements

**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

- 6** Colombia necesita más emprendimientos de Ingeniería



## MUJERES EN INGENIERÍA

- 9** “Debemos dejar de percibir la Ingeniería como un campo meramente masculino”

## MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

- 13** Logros y retos de la gestión de activos a nivel global  
Una visión desde el 8º Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos
- 17** La gestión de activos y el desarrollo sostenible, dos caminos y una misma meta

## INSTITUCIONAL

- 22** Una alianza para fortalecer el desarrollo nuclear de Colombia

## ENERGÍA

- 24** RETIE: responsabilidad del ejercicio profesional con la sociedad

## ELECTRÓNICA

- 28** Normas para diseño y manufactura de productos electrónicos



## INFRAESTRUCTURA

- 34** Centro de Pensamiento del Sector Férrreo en Colombia ACIEM – U. De Los Andes



## ESPECIAL ENERCOL 2025

- 36** Gestión integral de demanda, clave en la evolución energética
- 41** La energía está limitando la productividad y el crecimiento económico de la industria
- 47** Dilemas del sector energético global e implicaciones para Colombia

## TIC

- 51** Espectro: protagonista de la conectividad mundial
- 54** Conectividad más allá de la tierra: satélites geoestacionarios, comunicaciones en la luna, 6g y reto global hacia 2031

## CAPÍTULOS Y SECCIONALES

- 58** El espectro radioeléctrico en Colombia: del recurso invisible al motor de la equidad digital
- 60** De la energía a la microelectrónica: avances que transforman la Ingeniería en Santander
- 64** Interactividad estudiantil y campus virtuales: Ingeniería educativa desde la frontera
- 68** Ingeniería social y equidad educativa: reconfiguración de estrategias pedagógicas en contextos vulnerables



## SOCIALES

- 72** Conferencia Energética Colombiana ENERCOL 2025
- 73** 7ª Conferencia Internacional Geotecnia de Ductos IPG 2025
- 73** VIII Cumbre del Petróleo, Gas y Energía
- 73** Agenda Técnica Midstream ACIEM
- 73** Primer Encuentro Nacional de Jóvenes

# Colombia necesita más emprendimientos de Ingeniería



GABRIEL BOHÓRQUEZ BETANCOURT  
VICEPRESIDENTE NACIONAL ACIEM

**A**nivel global, las micro, pequeñas y medianas empresas, representan entre el 90% y el 99% de las empresas; generan el 60-70% del empleo y el 50% del Producto Interno Bruto (PIB) mundial, siendo la columna vertebral económica y de empleo, especialmente en economías en desarrollo y para grupos vulnerables como mujeres y jóvenes.

Sin embargo, situaciones como la brecha digital; el acceso limitado a financiación; informalidad; baja productividad (70% menos que grandes empresas) y vulnerabilidad ante crisis, a pesar de su enorme potencial para el crecimiento inclusivo y la creación de empleo digno, son factores sobre los cuales los gobiernos de-

ben seguir trabajando para reducir estas barreras que no les permite crecer, expandirse, consolidarse y ser sostenibles.

Se considera que una compañía es sostenible cuando satisface las necesidades del momento, así como estar preparada para las necesidades futuras, sin menospreciar el crecimiento económico y participando coherentemente con los ecosistemas sociales y ambientales, sin descuidar los aspectos éticos que son indispensables en su labor.

En el editorial de la Revista de ACIEM, edición número 159 de septiembre de 2025, el Presidente Nacional de ACIEM, Ingeniero Carlos Arturo Cárdenas, hizo una exposición sobre la necesidad de crear emprendimientos para dar sostenibilidad al desarrollo empresarial del país.

En años pasados, ACIEM creó una subcomisión llamada ACIEM Emprende, en la que se apoyaba a los emprendedores para que pudieran continuar con sus nacientes empresas, dentro de un contexto legal e Ingenierilmente factible, lo cual ayudó a que los futuros empresarios evaluaran sus ideas y sus posibles mejoramientos en sus primeras prácticas y continuaran con su desarrollo y crecimiento.

En Colombia, generalmente los emprendedores empiezan con una microempresa (o grupo de personas) y así manejan su emprendimiento; pero antes de continuar, definamos como se clasifican las empresas de acuerdo con la Ley 905 de 2004, con información de la Cámara de Comercio de Bogotá (CCB):

Tamaño	Empleados	Activos totales (SMMLV*)
Micro:	<= 10	<= 501 SMMLV
Pequena	11 – 50	501 – 5001 SMMLV
Medianas	51 – 200	5001 – 30000 SMMLV
Grandes		> 200

SMMLV\*: Salarios Mínimos Mensuales Vigentes

La anterior tabla nos define que generalmente, los emprendedores son empresas micro.

La Confederación Colombiana de Cámaras de Comercio (Confecámaras) y el Registro Único Empresarial y Social (RUES) indican que en Colombia en el año de 2024 existían aproximadamente 1.8 millones de empresas, de las cuales el 96,4% son micro; el 2,7%, pequeñas; el 0,5%, medianas y el 0,4% grandes.

Pero si se analiza la supervivencia de las compañías, se encuentra, según Confecámaras en análisis de 2023, que solo el 33,5% sobreviven más de 5 años (comparación entre 2017 y 2022), teniendo las sociedades constituidas formalmente una supervivencia de aproximadamente el 44,5% y la supervivencia de las empresas o asociaciones temporales una tasa significativamente menor.

Los siguientes datos son una aproximación a la situación empresarial: las microempresas viven entre 2 y 5 años; luego siguen las pequeñas que tienen una vida aproximada entre 4 y 7 años; luego las de tamaño mediano entre 6 y 10 y finalmente las grandes que tienen una vida estimada de más de 10 años. Sin embargo, cuando existe un crecimiento de las compañías, normalmente van aumentando sus expectativas de vida y existen muchas que han pasado por todas las anteriores etapas.

Así como en las etapas de la vida, entre mayor capacitación, información y desarrollo, hay mayor esperanza de vida, algo similar ocurre con las organizaciones; sin contar con datos exactos, la sensación industrial permite observar que estas perduran más en el medio colombiano cuando pasan de grupo de personas a empresa formal de acuerdo con las leyes de Colombia,

del sitio donde tienen su base de trabajo (ciudad, campo, ciudad con actividades en el campo, entre otros), sector económico y en particular si es de comercio o tiene un alto nivel de profesionalismo y tecnología, entre otros, teniendo en cuenta que entre mayor experiencia y volúmenes comerciales de ingresos y egresos se mejora la facilidad de acceso a financiación para crecer y/o producir.

Ahora bien, un aspecto muy importante es conocerse a sí mismo (tejido empresarial) y capacitarse continuamente para tener una visión más amplia del manejo del negocio y las relaciones con el ecosistema. No se puede ser estático mientras se está desarrollando la empresa y se debe estar al día con el estado del arte en todos los aspectos.

En términos generales no se puede manejar una compañía grande con un criterio de pequeña, ni se puede ser emprendedor directamente creando una empresa grande. Por ello, lo más conveniente es crecer paso a paso, con el mayor crecimiento posible, pero seguro y sostenible.

Luego de empezar un emprendimiento, es conveniente que los emprendedores comiencen con un proceso de capacitación acelerado para no dejarse ganar de las transformaciones empresariales que cambian día a día.

Es por eso por lo que las empresas, especialmente las de Ingeniería, deben crecer técnica y estratégicamente con capacidad continua de innovación y con una estructura empresarial que le permita asumir rápidamente los cambios del medio y tecnología donde tienen su campo de acción.

El foro de presidentes de la Cámara de Comercio de Bogotá (CCB) comenzó con el nacimiento del siglo XXI como un proceso de capacitación de empresarios líderes, dirigido por empresarios, para fortalecer el ecosistema empresarial colombiano.

Es así como un emprendedor puede acceder a la CCB con su emprendimiento para buscar ayuda profesional y experimentada, para lo cual la entidad creó actividades tales como la aceleradora de mentalidad de negocios, que concientiza al emprendedor que es un empresario, mostrándole las ventajas de serlo, estableciendo los principios para crear una empresa y proyectarla para crecer ordenada y estratégicamente, estableciendo procedimientos básicos y metas reales para escalar el negocio.

Luego de ello, el emprendedor puede continuar con Empresas en Trayectoria MEGA, programa que establece las estrategias para un escalamiento acelerado y retador, el cual define la misión, visión, organización, futuro de las compañías desde el punto de vista financiero y de perspectivas de ingresos y/o ventas; características actuales y futuras; organización corporativa y participación en el plan de desarrollo sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Posteriormente, se pasa a la etapa de Gobierno Corporativo, allí se analiza directamente con el presidente o gerente de la empresa, la organización presente y futura, de tal manera que esta pueda tener un desarrollo sostenible, en los diferentes tipos de gobierno corporativo.

Esto ayuda al establecimiento eficiente de apoyo gubernamental empresarial, para que el crecimiento sea sostenible y esté conforme con las proyecciones financieras de la empresa y del país y/o del mercado nacional e internacional, como corresponda.

Aquí los mentores asesorarán-presentarán ante la empresa los diferentes tipos de gobierno dependiendo del tamaño de la organización como consejo de familia,

con sus correspondientes protocolos; establecimiento de junta directiva; consideraciones sobre toma de decisiones, entre otros aspectos. Esta etapa de capacitación, la CCB ayuda al empresario a tomar las decisiones más convenientes, para crecer como empresa de una manera organizacional y de gobierno corporativo.

Como se mencionaba anteriormente, es necesario que los empresarios tengan una capacitación continua y sostenible. Simplemente con el hecho de estar matriculados en la Cámara de Comercio respectiva, podrán tomar diversidad de cursos y capacitaciones específicas, para reforzar sus conocimientos en aquellos aspectos donde se sienten débiles o con estado no satisfactorio desde el punto de vista financiero.

Cuando el empresario es constante en su preocupación y acción de crecimiento sostenible, se sentirá satisfecho con la labor para el propio desarrollo de su empresa y de todos aquellos relacionados con la misma, como son los accionistas, empleados y todos aquellos relacionados con las actividades propias.

ACIEM desde su constitución hace 68 años, propende con todos los Ingenieros Afiliados o no, con la creación de empresa, ya que estas son el motor de crecimiento del país en todos sus aspectos.

Desde ACIEM, somos conscientes que los emprendimientos de Ingeniería son cruciales en Colombia, porque impulsan la economía, la innovación y la competitividad, al optimizar procesos; crear empleos, y desarrollar soluciones tecnológicas para resolver problemas sociales y empresariales, desde la logística hasta la automatización, fortaleciendo la productividad en todos los sectores y generando desarrollo sostenible.

Junto con el Presidente Nacional de ACIEM, seguiremos trabajando en este firme propósito, para lograr que nuestras Ingenieras e Ingenieros Afiliados de las Seccionales y Capítulos, desarrollen y fortalezcan esta mentalidad empresarial en bien de su profesión, sus familias y el país. 

\* Gabriel Bohórquez, es Ingeniero Afiliado de ACIEM; tiene una trayectoria de más de 40 años en la industria energética e infraestructura y actualmente hace parte del grupo de mentores de la Cámara de Comercio de Bogotá (CCB) para asesorar y acompañar a emprendedores en diversas áreas.

# “Debemos dejar de percibir la Ingeniería como un campo meramente masculino”:

Fanny Elizabeth Guerrero Maya es experta comisionada de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), una destacada Ingeniera Electricista, graduada de la Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB), donde también se especializó en Gerencia Empresarial y obtuvo una Maestría en Administración de Empresas.

En el ámbito directivo, ha ocupado cargos como Presidenta de la Asociación de Energía del Hidrógeno del Caribe (EH2 Caribe), Vicepresidenta de Promoción y Fomento de la Agencia Nacional de Minería (ANM), Gerente de la Empresa de Desarrollo Urbano (EDUR-BE S.A.) y Gerente de la Electrificadora del Caribe.

Adicionalmente, ha sido docente en las universidades Pontificia Javeriana y Tecnológica de Bolívar. También reconocida por su labor y contribución al sector energético con la nominación a la Orden de la Democracia Simón Bolívar otorgada por el Congreso de la República y la nominación a los premios WIN Awards - Women in Energy como mujer líder de la industria y mujer emprendedora.

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

**ACIEM: ¿Cuáles considera que han sido sus principales logros o contribuciones a la Ingeniería en su campo de acción?**

**Fanny Elizabeth Guerrero Maya:** La historia de las mujeres en la Ingeniería es un recorrido marcado por



Fanny Elizabeth Guerrero Maya.  
Experta Comisionada CREG

la lucha contra los prejuicios y la exclusión, pero también por la constancia y el ingenio, que han permitido a mujeres pioneras abrir caminos y sentar las bases para futuras generaciones.

Haciendo algo de historia conmemorativa podemos recordar a la rumana Elisa Leonida Zamfirescu (considerada una de las primeras Ingenieras del mundo en 1912) y la estadounidense Elizabeth Bragg (la primera Ingeniera Civil de Estados Unidos en 1876) y en Colombia a Rebeca Uribe Bone, la primera mujer graduada Ingeniera, mujeres que marcaron hitos para abrir caminos a la participación de la mujer en el campo profesional de la Ingeniería.

Así muchas mujeres hemos trasegado en el mundo académico y laboral de la Ingeniería, buscando reivindicar espacios que naturalmente han sido privilegiados para los hombres, especialmente en décadas atrás, y que con la dedicación, perseverancia y nivel de profesionalismo hemos mostrado al mundo nuestra capacidad para ejercer esta importante carrera, logrando incluso destacarnos en posiciones relevantes en toma de decisiones y transformación del país.

Dicho esto, considero de gran valor, haberme desarrollado en medio de ambientes donde ha habido exclusión para la mujer (desde la academia) y haber trascendido a ocupaciones importantes, dejando una huella para que mujeres que están en el camino, mantengan la perseverancia y lleguen a su realización de ser Ingenierías y se motiven a destacarse en el campo profesional.

También considero importante pertenecer a la cátedra de “*Matilda y las mujeres en la Ingeniería*” que es un espacio único en América Latina y el Caribe, dedicado a empoderar a las mujeres en Ingeniería; promover la igualdad de derechos y oportunidades; y fomentar vocaciones en niñas y jóvenes para que se motiven a mirar a la Ingeniería como un espacio de realización personal y profesional.

En mi formación como Ingeniera, orientada a los resultados, he promovido que en espacios destacados gremiales, se reconozca la importancia de la profesión para la visiones de desarrollo de los territorios, así como empresarial y económico de la región, promoviendo en mi paso como presidente de la junta directiva de la Cámara de Comercio de Cartagena y posteriormente como directora del Consejo Gremial, la incorporación de la Asociación Colombiana de Ingenieros y afines a las juntas directivas y comités de competitividad de esas corporaciones.

La visión como mujer Ingeniera la he mantenido en los diferentes cargos que he ocupado y ha sido un aporte importante en los casos como gerente de electrificadoras, presidente de instancias gremiales y cargos directivos del gobierno nacional, porque he privilegiado además del conocimiento técnico, el espíritu de planeación, control, orden y visión de desarrollo, aportando

un enfoque de género que ha generado valor, en ello la Ingeniería se ha visto destacada y resaltada.

**ACIEM: ¿Podría relacionar un proyecto o experiencia profesional que haya resultado especialmente significativa o transformadora?**

**Fanny Elizabeth Guerrero Maya:** Sin duda han sido muchas, gracias a Dios he podido recorrer un camino profesional y social lleno de retos, dificultades y recompensas; pero si debo destacar una, quisiera honrar la experiencia actual de ostentar el cargo de Experta Comisionada en la entidad del alto gobierno nacional encargada de regular el sector de la energía, el gas y combustibles líquidos en el país.

Estar en esta instancia, desde donde contribuyo a establecer el marco regulatorio del sector energético del país y aportar a la definición de las normas técnicas y administrativas, bajo las cuales operan los agentes del sector; garantizar la calidad y eficiencia del servicio promoviendo un suministro eficiente, buscando el menor costo para los usuarios y una remuneración justa para los prestadores; promover la competencia en los mercados donde es posible y en los que no y además regular para evitar monopolios.

Ha sido realmente satisfactorio y además he aportado a la construcción de un nuevo régimen de defensa de los usuarios de los servicios públicos de energía y gas, entre otras cosas de máxima relevancia.

Todo esto hace que esta sea una de las experiencias más retadoras, potentes y transformadoras para mi desarrollo personal, profesional y se convierta en un mensaje inspiracional para las mujeres y especialmente para las que dedican su vida a la Ingeniería.

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

**Fanny Elizabeth Guerrero Maya:** Mi padre Ingeniero, inspiró el amor por los números y encontrar en la solución de las ecuaciones y fórmulas físicas una gran pasión por lo que después se convertirían mis retos profesionales.

También criarme en ambiente rodeado de hombres (única entre los hermanos, en un colegio que apenas migraba hacia la educación mixta), en una sociedad que predominaba el machismo, me hicieron entender desde pequeña que, si quería cosas grandes, debía esforzarme y dar la milla de más.

Elegir la carrera de Ingeniería Eléctrica me desafía ba en ese reto y posteriormente la vida me demostró que la preparación para solucionar problemas de alta complejidad matemática, física, científica, me formaban también para prepararme para los problemas de la vida y la capacidad de encontrar en lo práctico y en lo abstracto las soluciones que demandarían la participación y talante propia de los Ingenieros e Ingenieras.

Representar a las mujeres en el campo de la Ingeniería ha sido de gran motivación, guardo un profundo respeto por las mujeres que han tenido sus propios logros y por aquellos hombres que han tendido redes y nos han permitido crecer en el ejercicio de la profesión.

**ACIEM:** ¿Cuál considera que ha sido su mayor contribución como mujer a la Ingeniería?

**Fanny Elizabeth Guerrero Maya:** Considero que un aporte importante ha sido aprender de mujeres y hombres que me han inspirado y mostrar especialmente que las mujeres podemos estar en los espacios donde se toman decisiones técnicas y que podemos liderar sin perder la empatía. Desde todos los espacios técnicos, directivos, gremiales he destacado mi formación como Ingeniera y desde ahí he aportado a la sociedad, al sector minero-energético.

Haberme convertido en la primera mujer presidente de Junta directiva de una de las Cámaras de Comercio más importante del país, resaltaron la formación y vocación social que nos da la Ingeniería. Así mismo, como lo conté en una respuesta anterior desde la catedra Matilde y las mujeres en la Ingeniería he contribuido a inspirar, empoderar y promover a las mujeres para que estudien esta profesión y se destaquen en su campo profesional.



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

**Fanny Elizabeth Guerrero Maya:** En línea con lo que hemos venido hablando, Colombia tiene un potencial inmenso, pero necesita cerrar brechas. La primera es la que arrastramos desde hace décadas: aunque las mujeres son mayoría en la educación superior, solo 1 de cada 4 profesionales es mujer, y en las Ingenierías seguimos siendo minoría.

Debemos dejar de percibir la Ingeniería como un campo meramente masculino, y confiar en nuestras capacidades para ejercer tan importante profesión, desde los colegios se debe inspirar y promover estas carreras.

El trasegar nos ha demostrado que no solo hemos podido, sino que también nos hemos destacado, hacer redes de sororidad desde ACIEM, asociaciones técnicas, académicas, gremiales, promoviendo el debido ejercicio de la mujer en este campo debe ser un reto colectivo, que acompañado con las políticas públicas de equidad de género contribuyan a que el país cuente con más mujeres Ingenieras, empoderadas y con una alta orientación hacia la innovación y transformación tecnológica y social que requiere el país. 



28º CONGRESO INTERNACIONAL DE  
MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

EXPO  
MANTENER  
2026

ACIEM

¡RESERVA ESTA FECHA!

22 | 23 | 24 ABRIL 2026

Centro de Convenciones Ágora - Bogotá



#### SEDE DEL EVENTO

ÁGORA BOGOTÁ  
CENTRO DE CONVENCIONES

Av. Calle 24 No. 38-47. Piso 3  
Bogotá D.C. - Colombia

¡RESERVA TU CUPO!

📞 (+57) 310 816 27 66 - 310 218 7914

✉️ jrozoa@aciem.org.co  
pcarrillov@aciem.org.co  
egalindoa@aciem.org.co  
🌐 www.cimga.com

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

Una visión desde el 8º Congreso Mundial de  
Mantenimiento y Gestión de Activos

POR: PEDRO ROSALES NAVARRO\*



Panel: “*Logros y retos de la gestión de activos a nivel global*” realizado en el 8º Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos, integrado por, de izq. a der. los Ings: John Hardwick, Martin Kerr, Pedro Rosales, Ahmed M Jelwah, Joao Ricardo Barusso Lafraia, Janez Tomažin, Johanes Coetze.

**E**l 8º Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos desarrollado por ACIEM en Cartagena- Colombia, sirvió como un espacio de intercambio de conocimientos de gran valor. El panel “Logros y retos de la gestión de activos a nivel global” realizado en el marco de este evento, reunió a seis líderes del Global Forum on Maintenance and Asset Management (GFMAM), una organización sin ánimo de lucro dedicada a promover y desarrollar estas prácticas a nivel mundial. Como moderador y presidente del Congreso, tuve el honor

de guiar la conversación y obtener algunos elementos clave de la visión de estos expertos, que de forma resumida compartimos con ustedes en este artículo.

La conversación se centró en los desafíos para la implementación efectiva de la gestión de activos y las experiencias prácticas de nuestros panelistas alrededor del mundo, desde diferentes perspectivas. A continuación, presento un breve resumen de algunos de sus puntos de vista. Gracias a todos ellos por compartirnos sus valiosos aprendizajes.



## Johannes Coetzee<sup>1</sup>

- La diseminación global de la gestión de activos enfrenta grandes desafíos y barreras significativas. El idioma es una de ellas, ya que, aunque los documentos del GFMAM se traducen, el inglés sigue siendo el idioma operativo, y las palabras pueden tener significados ligeramente diferentes en otras lenguas, lo que dificulta la discusión técnica.

A esto se suma la cultura y el diferente enfoque que distintas regiones del mundo dan a la gestión de activos, el mantenimiento y la confiabilidad. Por ejemplo, mientras que algunos se centran solo en el mantenimiento, otros ven la gestión de activos como la disciplina superior y el mantenimiento como una parte de ella.

- El GFMAM aprovecha las diferentes opiniones y visiones para producir documentos que sirven como una referencia común y de libre acceso. Esto les permite guiar a la industria en temas de rápida evolución, como la transformación digital y la sostenibilidad, entre otros.

1. Johannes Coetzee (Sudáfrica) es Ingeniero industrial, MBA. Líder Empresarial, Experto en Gestión de Activos. Fue presidente de SAAMA (South African Asset Management Association) y actualmente preside el GFMAM

2. Martín Kerr (Australia). Ingeniero, diplomado y certificado, en diferentes áreas de conocimiento. Autor y coautor de diferentes libros relacionados con Gestión de Activos. Es miembro del GFMAM, Director Técnico del WpiAM y Coordinador Principal del TC-251 – ISO 55001:2024. Con amplia experiencia en desarrollo y consultoría en Gestión de Activos

- Los Ingenieros por naturaleza, tienden a centrarse en los problemas sin destacar sus logros. Por ello, es crucial celebrar los pequeños logros del equipo de Ingeniería para construir confianza con la gerencia. Si la gerencia ve los resultados, confiará en el equipo y su trabajo.
- Es más efectivo hablar con la gerencia sobre los temas que se vinculan con sus intereses, cómo la gestión de activos puede aumentar valor, ayudar a mitigar riesgos, controlar el gasto de capital (CAPEX) y extender la vida útil de los activos.

## Martin Kerr<sup>2</sup>

- Al abordar el tema de las normas y estándares, el coordinador de la actualización de las normas ISO 55000, Martin Kerr, planteó una pregunta crucial: ¿las organizaciones buscan la certificación por marketing, por regulación o para generar valor? Una organización debe tener muy claro el “porqué” de su esfuerzo, para orientarlo de forma adecuada. ¿Tienes que hacerlo o estás buscando agregar valor en el proceso?, la segunda es la motivación que conduce de forma efectiva a mejorar los resultados. Si no se tiene claro el porqué, es mejor parar.
- Con referencia a los Indicadores de Desempeño (KPI's por sus siglas en inglés), uno de los errores más frecuentes en la definición de KPIs es que las organizaciones se enfocan en indicadores de medio (en el caso de los activos, en lugar de indicadores de resultado o de desempeño. Su consejo es que la organización se enfoque en su propósito final, el resultado esperado del servicio para el cliente, y no solo en el activo. No hay que perder de vista nunca los objetivos finales de la empresa.

- Existe la necesidad de elevar el mantenimiento de una simple "clasificación de trabajo" o ciudadano de segunda clase a una "profesión" valorada, si no se valora adecuadamente ese aporte y se desarrolla a dichos profesionales se tendrán consecuencias negativas hacia las organizaciones.

## João Ricardo Lafraia<sup>3</sup>

- Mantenimiento es una parte muy importante de la gestión de activos, pero requiere de las demás partes para desarrollarse adecuadamente. En Brasil, al igual que en Colombia, la gestión de activos se impulsa de forma paralela al mantenimiento y uno de los aspectos clave fue no dejar involucrado sólo el mantenimiento en el desarrollo de la gestión de activos.
- Para producir resultados, es fundamental tener unos sistemas de gestión y prácticas bien implementadas y comprender y manejar las diferencias culturales. Como ejemplo compartió una experiencia en Petrobras donde seis plataformas costa afuera idénticas, con los mismos recursos y activos, tuvieron desempeños muy diferentes al ser operadas por distintas empresas y culturas.

**“Existe la necesidad de elevar el mantenimiento de una simple "clasificación de trabajo" o ciudadano de segunda clase a una "profesión" valorada.”**



- El principal beneficio de la gestión de activos es la confiabilidad de la gestión. Sin un sistema que soporte objetivos y KPIs, los resultados no serán consistentes. Los activos son cruciales, pero por sí solos no producen los resultados que la organización necesita, por lo que las personas y una gestión robusta son la verdadera clave del éxito.

## Janez Tomazin<sup>4</sup>

- Migrar de mantenimiento a gestión de activos no es sencillo, el principal problema es el desconocimiento. Saber porque es importante, que beneficios trae y como puede mejorar los resultados de la compañía, incluyendo los de mantenimiento, es fundamental.
- La certificación de las personas es una manera de introducir la gestión de activos, comenzando por el nivel de "concienciación", con tres niveles de conocimiento que se pueden adquirir a través de certificaciones: conocimiento general, nivel técnico y nivel de evaluadores.
- La certificación de una empresa con la ISO 55001 no debe ser solo "un papel en la pared", debe ser una herramienta para eliminar el "comportamiento de silo" dentro de la organización". A través de

3. João Ricardo Lafraia (Brasil) es Ingeniero Mecánico, MBA y PhD. Autor de diferentes libros y profesor de Gestión de Activos. Amplia Experiencia en O&G. Ha ocupado posiciones de Liderazgo en Abraman y la Asociación Brasilera de Normas Técnicas. Es miembro del GFMAM y hace parte del WPiAM, representando a Abraman.

4. Janez Tomazin (Eslovenia), es Ingeniero Mecánico, con gran experiencia en las industrias del papel y del vidrio. Está activamente involucrado en la EFNMS (European Federation of National Maintenance Societies) y el Instituto Esloveno de Estándares (SIST), en las cuales preside los Comités de Gestión de Activos. Es miembro del GFMAM y hace parte del WPiAM, representando a la EFMNS.

una anécdota, relató cómo convenció a una persona del área financiera de unirse a una iniciativa de gestión de activos, demostrando que la certificación es el paso inicial para alcanzar una madurez que lleve a la empresa a un nivel superior.

### Ahmed Jelwah<sup>5</sup>

- Ahmed nos compartió su experiencia liderando el cambio en una organización masiva y geográficamente dispersa. Utilizando la metáfora de un elefante, explicó que su área de servicios de gestión corporativa es la "cabeza" que define la política, pero se debe esperar a que el "tronco" de la organización se mueva.

La gestión del cambio debe involucrar a los ejecutores en la discusión y revisión de las políticas. No es adecuado ni efectivo que las soluciones provengan de un área y se apliquen en otra área, sin la participación de esta última en su definición, habrá resistencia al cambio. Deben tener claro porque y como los benefician las nuevas políticas.

- Uno de los mayores desafíos es la calidad de los datos, para lo cual su organización está recurriendo al uso de la Inteligencia Artificial (IA). El mensaje es claro: la toma de decisiones para impulsar el cambio en el mantenimiento y la gestión de activos debe basarse en datos sólidos.
- Hay que hacer atractiva el área de mantenimiento, vincular las nuevas tecnologías y buscar que la gente se sienta motivada a ir allá y crecer.

\*Pedro Rosales Navarro: Ingeniero Mecánico, MBA. Presidente 8º Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos. Con amplia experiencia Empresarial (O&G, Energía, Infraestructura), ha sido fundador, administrador y miembro de Juntas Directivas de diversas Empresas de las más grandes de Colombia, incluyendo ACIEM. Consultor Internacional.

5. Ahmed Jelwah (Arabia Saudita), es Ingeniero Mecánico, MSc, con cerca de 15 años de experiencia en Saudi Aramco, donde se desempeña como Gerente Corporativo de Mantenimiento. Es Presidente de la Junta de GSMR (Gulf Society for Maintenance & Reliability) y miembro de la Junta del GFMAM.

6. John Hardwick (Australia) Es el Director Ejecutivo de Gestión de Activos para el Estado de Nueva Gales del Sur, Australia, en lo relativo a todos los sistemas de Transporte. Representa al Asset Management Council de Australia, es miembro del GFMAM y de la junta directiva de World Partners in Asset Management.

### John Hardwick<sup>6</sup>

- John nos compartió su exitosa experiencia en la implementación de la gestión de activos en el sector de transporte en el estado de Nueva Gales del Sur, Australia, una iniciativa que generó más de 1.500 millones de dólares en ahorros durante diez años.

Destacó dos lecciones clave: la primera, es la necesidad de comprender la cultura de la organización y quiénes son los verdaderos tomadores de decisiones. El segundo aprendizaje es la importancia de hablar en diferentes "idiomas" con los distintos grupos de interés, como el personal de mantenimiento, ejecutivos y ministros, ya que un mismo mensaje no funcionará para todos.

- El verdadero objetivo no es hablar sobre gestión de activos, sino sobre el valor y los resultados que estas disciplinas generan. Hay que ir más allá de los departamentos de ingeniería y mantenimiento, e incluir a áreas como finanzas y recursos humanos para garantizar el éxito, ya que allí es donde se obtienen los fondos y el personal para el proyecto.
- Frente a los cambios en los funcionarios o en los administradores, mencionó que implementar un sistema de gestión y sistematizarlo permite que los procesos continúen, mitigando los impactos de los cambios. Hacerlo bien, generar valor y que sea cuantificado protege el proceso, se ve su importancia y necesidad. ▲

# La gestión de activos y el desarrollo sostenible, dos caminos y una misma meta

POR: DANIEL ORTIZ PLATA, JUAN CARLOS VILLEGAS VERA\*

El desarrollo sostenible es un objetivo que la humanidad ha venido proponiéndose en varios sectores, en especial el industrial, dado el incremento en el consumo de energía durante las últimas décadas; también del acelerado incremento en el consumo de materias primas y su tendencia proyectada para las siguientes décadas, con el consecuente impacto en el medio ambiente y en la sociedad.

De otro lado este mismo sector, que se caracteriza por el uso intensivo de activos físicos productivos, tiene un gran reto a partir de la proyección de sus actividades en el largo plazo para la entrega del valor prometido a, o esperado por, sus grupos de interés.

Las organizaciones en consecuencia se enfrentan a la necesidad de plantearse planes de trabajo que les permita ser sostenible y a la vez, satisfacer a sus grupos de interés. En un primer planteamiento, las organizaciones que requieren trabajar en ambos temas podrían pensar que serían planes separados y que consumirían recursos duplicados y, tal vez, no estimados. En este artículo, la Comisión Nacional de Mantenimiento y Gestión de Activos pretende dar una orientación para unificar objetivos y hacer efectivo el trabajo.

## Gestión de activos, un camino al desarrollo sostenible

La mayoría de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) (<https://ecologiadigital.bio/>) están orientados



entre otros, a satisfacer nuestras presentes necesidades, pero sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, y a abordar los desafíos ambientales, sociales y económicos de manera integral de tal manera que permita en el largo plazo, la convivencia armoniosa entre los seres humanos y su entorno.

En tal sentido, el sector industrial tiene un alto protagonismo en cada uno de los aspectos anteriormente mencionados y cuenta hoy por hoy, con la Gestión de Activos que facilita la mejora continua para la entrega del valor esperado por sus grupos de interés, con una vista de largo plazo, lo que resulta compatible y coherente con los ODS. Por ello, puede hacerse una “símbiosis” (a manera de analogía) en sus metas, sin tener que andar dos caminos diferentes.



## Contribución en materia de agua y saneamiento y energía

Los sectores de energía, agua y saneamiento se destacan por su avanzada aplicación de la gestión de activos y sus beneficios en el desarrollo sostenible, en especial el sector de energía.

En Colombia se ha impulsado la aplicación de la gestión de activos por medio de las regulaciones de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) y por la misma iniciativa de las empresas que generan, transportan y distribuyen la energía. Así mismo, a nivel mundial son múltiples las empresas que pueden mostrar resultados positivos y con proyecciones muy optimistas en el largo plazo.

Aunque el sector de agua y saneamiento ha ido a la retaguardia con respecto al sector de energía en la gestión de activos, se están acercando a este modelo. En el mundo, hay una buena cantidad de empresas del sector de agua certificadas en ISO 55001 y se conoce de trabajos adelantados en este sentido en varias compañías, promovidos en buena parte por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), tanto en Latinoamérica como en Colombia. También, el ente regulador en nuestro país, ha venido trabajando en la regulación que lleve a estas empresas a la implementación.

Un punto importante para mencionar es la posibilidad de declarar el agua como un activo, de hecho, vital para la vida en el planeta y para la sostenibilidad de las comunidades, y que, por ello, se deba gestionar con las prácticas más avanzadas en gestión de activos.

## Contribución en materia de infraestructura, ciudades y comunidades

Los activos en infraestructura del orden nacional, regional y local son numerosos y críticos para el crecimiento y la sostenibilidad. La gestión de activos ha logrado captar varias organizaciones a nivel internacional y se pueden ver algunas aplicaciones en infraestructura como la aeroportuaria, caso aeropuerto de Atlanta con su certificación en ISO 55001 y algunas ciudades como Calgary, Canadá, Mwanza City, Tanzania, y Downer, Australia.

*“Las organizaciones en consecuencia se enfrentan a la necesidad de plantearse planes de trabajo que les permita ser sostenible y a la vez satisfacer a sus grupos de interés.”*

Podría decirse que de todos es claro que la infraestructura tiene un alto impacto en lo ambiental y en lo social, y que deben conciliarse en la mayoría de los casos los efectos que trae de manera positiva para unos y de manera negativa para otros. Es aquí donde la gestión de activos con su observación de los riesgos y la aplicación de la debida gestión de estos, contribuye en la toma de decisiones, pensando en el largo, mediano y corto plazo.

Dos hechos se destacan a nivel mundial para la promoción de la gestión de activos en el sector de la infraestructura, el primero corresponde con lo publicado por la Asociación Mundial de Carreteras (World Road Association), PIARC (Permanent International Association of Road Congresses) y su manual de gestión de activos, una guía para practicantes (ver en <https://road-asset.piarc.org/en>).

El segundo corresponde al trabajo realizado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), orientado hacia el manejo de la infraestructura por parte de las entidades gubernamentales de nivel local y nacional (<https://desapublications.un.org/publications/managing-infrastructure-assets-sustainable-development-handbook-local-and-national>), con su documento guía y la asesoría correspondiente.

## Contribución en materia de salud, educación

La salud y la educación, pilares fundamentales en el desarrollo sostenible, tanto del lado público como privado, han tenido los primeros acercamientos con la gestión de activos aunque pocos y en latitudes lejanas a Colombia, eso sí, con muy buenos resultados (ejemplos: University Health System, San Antonio (EE.UU.), Cleveland Clinic (EE.UU), Singapore General Hospital (Singapur), Hospital de Clínicas de Porto Alegre (Brasil), Hospital Universitario Virgen del Rocío (España), Hospital Universitario de La Paz (España), University of Auckland (Nueva Zelanda)). Sin embargo, se debe destacar que en este momento, tanto en el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y también en varias universidades colombianas, el tema



se ha incluido como parte de las competencias en la formación de los futuros profesionales y algunos intentos de su aplicación al interior de las instituciones.

Las organizaciones que prestan los servicios de salud y educación, como hospitales, clínicas, centros de salud, universidades y colegios, basan en buena medida, sus servicios en el buen estado de los activos físicos productivos y deben trabajar permanentemente en sus proyecciones a largo plazo.

Pero también, se basan en un activo intangible muy importante que hasta ahora ha sido poco reconocido como tal, el conocimiento y el talento humano (médicos, paramédicos, educadores). Por estas características, las instituciones en Colombia tienen un alto potencial para la aplicación de la gestión de activos por las mejoras que traerían en sus resultados.

## Contribución en materia de ecosistemas

Tal vez uno de los asuntos que puede beneficiarse de manera significativa con la gestión de activos son los ecosistemas. La información que se puede encontrar al respecto es que solo unos pocos parques en el mundo se han estado manejando bajo este modelo.

Selvas, bosques, montañas, páramos, ríos, nacimientos de agua, humedales, etc., son algunos de los ecosistemas que la humanidad ha empezado a ver y tratar con otros ojos, aunque muchos se sigan sobreexplotando. Estos ecosistemas entran en choque con sectores como el minero, el agrícola, el manejo del agua, el petrolero, para solo mencionar algunos.



Esos choques se pueden ver representados en las siguientes cifras: que en las últimas décadas desaparecen cerca de 13 millones de hectáreas de bosques; que el 22% de las especies de animales conocidas está en peligro de extinción; que el 50% del suelo agrícola a nivel mundial, está degradado y anualmente 12 millones de hectáreas dejan de ser cultivables; que el sector minero-energético consume más del 70% del agua superficial y subterránea, y los sectores de alimentos y manufactura consumen más del 50% del agua proveniente de los acueductos públicos (Fuente: El sector privado ante los ODS, guía práctica para la acción, 2016).

Uno de los esfuerzos más visibles para la defensa de los ecosistemas es la “Iniciativa de Activos Naturales” (Natural Assets Initiative, <https://naturalassetsinitiative.ca>), allí se propone declarar los ecosistemas como activos (naturales) y que tengan una debida gestión (defensa, para empezar) para que cumplan con sus funciones entre ellas, la de “proporcionar los servicios vitales que utilizamos a diario”, en lugar que costosas infraestructuras de Ingeniería realicen la misma función.

En este tema, Colombia viene pasando por un proceso bien importante relacionado con el manejo de las áreas de páramos y tal vez, el caso más emblemático está relacionado con el páramo de Santurbán (<http://www.colparques.net/SANTURBAN>), allí están confluendo intereses de minería y de agricultura (legales e ilegales), que compiten con la conservación del ecosistema que a su vez, provee las aguas que sirven a varios millones de habitantes en sus áreas circunvecinas, además de la fauna y silvicultura.

Aunque el páramo cuenta con protección constitucional y legal para garantizar su conservación, está en proceso de delimitación del área protegida y se mantienen los riesgos con impacto negativo. Como propuesta y en consonancia con el planteamiento de la iniciativa de activos naturales, una opción para la sostenibilidad del ecosistema sería la declaración de estos como activos de la nación (inembargables, intransferibles, etc.), la asignación de esos activos a una organización para que se gestionen como tal y que, incluso, la entidad llegue hasta la certificación de su sistema de gestión de activos.

Tal como se ha expresado en este documento, el desarrollo sostenible no es exclusivo del sector privado, debe ser trabajado tanto en él como desde los gobiernos nacionales, regionales y locales.

**“En Colombia se ha impulsado la aplicación de la gestión de activos por medio de las regulaciones de la CREG y por la misma iniciativa de las empresas que generan, transportan y distribuyen energía.”**

La gestión, sostenible de activos puede definirse como la estrategia y la práctica de tener en cuenta los factores ambientales, sociales y de gobierno, en la gestión e inversión de los activos e instalaciones de una organización (incluidos edificios, fábricas y maquinaria) y de una comunidad (país, región, ciudad).

La gestión de activos es entonces un método efectivo para asegurar la sostenibilidad y la responsabilidad social dentro de las prioridades y actividades de una organización y de una sociedad, en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas. 

\*Daniel Ortiz Plata y Juan Carlos Villegas Vera, integrantes de la Comisión Nacional de Mantenimiento y Gestión de Activos de ACIEM.



Consejo Profesional  
Nacional de Ingenierías  
Eléctrica, Mecánica y  
Profesiones Afines



ORDEM  
DOS  
ENGENHEIROS



Asociación  
Colombiana  
de Ingenieros

# CONVENIOS INTERNACIONALES PORTUGAL - ESPAÑA

Conoce todos los detalles sobre los convenios internacionales, oportunidades de empleabilidad y movilidad profesional.

Además, recibe asesoría integral en procesos de convalidación de títulos, reconocimiento de la matrícula profesional y validación oficial de tu formación para trabajar en el exterior.



# Una alianza para fortalecer el desarrollo nuclear de Colombia

**L**a energía nuclear está viviendo un resurgimiento global en 2025, impulsado por la necesidad de reducir emisiones de carbono; garantizar el suministro energético y responder al crecimiento de la demanda eléctrica, especialmente por el auge de la Inteligencia Artificial, el montaje de nuevos data centers y los vehículos eléctricos.

En información de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) la producción mundial estimada de energía nuclear para este año es de 2.900 TWh, lo que representa casi el 10% de la electricidad mundial. Así mismo, indica que hay 416 reactores en funcionamiento en 31 países, con una capacidad instalada total de 376 GW y más de 70 GW en desarrollo, lo que es el nivel más alto en 30 años.

Esta fuente energética propone entonces garantizar el abastecimiento eléctrico; frenar las emisiones contaminantes; reducir la dependencia energética exterior y producir electricidad de forma constante y así lo entienden cada vez más los países que apuestan por la continuidad de sus centrales nucleares, con autorizaciones para operar 60 e incluso 80 años, como es el caso de Estados Unidos.

**“ La producción mundial estimada de energía nuclear para este año es de 2.900 TWh, lo que representa casi el 10% de la electricidad mundial.”**



Ings. Carlos Arturo Cárdenas, Presidente Nacional de ACIEM y Hermes Orlando Llanes, Miembro fundador de la Red Nuclear Colombiana

En Colombia, el Plan Energético Nacional de 2022, planteó la incorporación gradual de Reactores Modulares Pequeños (SMR) a partir de 2035, que se trazó como meta agregar hasta 1,800 MW de energía nuclear para 2052 que corresponde al 75% de la capacidad instalada de Hidroituango, la central hidroeléctrica con mayor capacidad de generación de energía en el país. Esta propuesta buscó diversificar la matriz energética en nuestro país, al tiempo que reduce la dependencia de combustibles fósiles.

En este sentido, el país avanza hacia la regulación de estas tecnologías con un marco legal que cumpla con las obligaciones de los tratados internacionales denominado proyecto de Ley Nuclear “Átomos para la vida”, aprobado el pasado 28 de octubre, en consenso por la plenaria de la Cámara de Representantes y que espera dos debates en el Senado y sanción presidencial para ser ley.

Esta iniciativa fue liderada por la sociedad civil, universidades y empresas y contó también con el apoyo de instituciones como los Ministerios de Minas y energía, del Interior, de Salud y Ciencias, e internacionales como el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE).

Este proyecto tiene como misión “proteger a la población, los trabajadores, el ambiente y las futuras generaciones de los efectos nocivos de la radiación, promoviendo a su vez el desarrollo científico, médico, industrial, agrícola y ambiental del país”, según un documento explicativo de los ponentes, además de crear la Agencia Nacional de Seguridad Nuclear (ANSN), una autoridad reguladora que garantice el uso “seguro, pacífico y responsable” de las tecnologías nucleares y las radiaciones ionizantes.

La ANSN estaría adscrita al Departamento Nacional de Planeación (DNP), y sería autónoma en cuanto al manejo de su presupuesto y su personería jurídica.

Teniendo en cuenta la pertinencia de esta alternativa energética para el país, los beneficios que ella puede traer, además del trabajo permanente e incesante por la Ingeniería colombiana, la Asociación Colombiana de Ingenieros ACIEM suscribió el pasado mes de julio un acuerdo con la Red Nuclear Colombiana, entidad enfocada en educar, articular, investigar y divulgar sobre el uso de esta energía en diversos sectores.



Firma Convenio ACIEM- Red Nuclear Colombiana, entre los Ings. Carlos Arturo Cárdenas, Presidente Nacional de ACIEM y Hermes Orlando Llanes, miembro de la Red Nuclear Colombiana

**“ El memorando de entendimiento tiene como objetivo establecer un marco de colaboración institucional, orientado a fortalecer la investigación, docencia y divulgación en las tecnologías nucleares en Colombia. ”**

El denominado memorando de entendimiento, tiene como objetivo establecer un marco de colaboración institucional, orientado al fortalecimiento de la investigación, la docencia y la divulgación en el campo de la ciencia y las tecnologías nucleares en Colombia, además de articular esfuerzos y generar sinergias en áreas clave del conocimiento nuclear.

ACIEM y la Red Nuclear Colombiana se comprometieron entonces a explorar y desarrollar actividades de manera conjunta en áreas como:

- Investigación científica: Desarrollo de proyectos relacionados con tecnologías nucleares y sus aplicaciones en diversos sectores.
- Eventos académicos: Organización de seminarios, conferencias, talleres y otras actividades.
- Formación especializada: Diseño y ejecución de cursos y programas de capacitación en energía nuclear y tecnologías afines.
- Divulgación científica: Promoción de contenidos educativos y campañas de sensibilización sobre los beneficios y aplicaciones de la energía nuclear en Colombia.
- Otras iniciativas: Cualquier actividad adicional que se considere pertinente para el fortalecimiento del área.

En síntesis, se espera que esta alianza, a través de la investigación y la formación estratégica, no solo visibilice el avance en la innovación de la energía nuclear de Colombia, sino que promueva el desarrollo de proyectos que propongan soluciones efectivas energéticas para el país. 

# RETIE: responsabilidad del ejercicio profesional con la sociedad

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) nació oficialmente en Colombia con el Decreto 18039 de 2004, expedido por el Ministerio de Minas y Energía. Durante 20 años, con la actualización a la versión 2024, ha sido junto al Código Eléctrico Colombiano (Norma NTC 2050), un referente clave y estratégico para garantizar la seguridad en las instalaciones eléctricas en Colombia.

## ¿Qué es el RETIE?

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) establece los requisitos técnicos esenciales que deben cumplir las instalaciones eléctricas en Colombia, desde una vivienda, hasta un sistema industrial y su objetivo es prevenir accidentes y proteger a las personas, animales y plantas de los peligros eléctricos; salvaguardar el medio ambiente de los riesgos asociados a las instalaciones eléctricas; evitar incendios, daños a equipos y a los bienes materiales que puedan surgir por fallas en las instalaciones; asegurar que las instalaciones eléctricas sean seguras y confiables para evitar daños en la infraestructura; garantizar que los productos y equipos eléctricos utilizados en las instalaciones sean confiables y eficientes y evitar prácticas que puedan inducir a error a los usuarios, como la identificación o utilización incorrecta de productos o servicios.

El alcance del reglamento abarca desde sistemas con tensiones de 25 voltios hasta los niveles más altos, presentes en el sistema eléctrico, y su aplicación es obligatoria en todo el territorio colombiano. Por lo tanto,



todas las nuevas instalaciones eléctricas, así como las ampliaciones o remodelaciones, deben ajustarse a esta normativa.

Con la expedición de la Resolución 40117 de 2024, el RETIE se actualizó para integrar avances en energías renovables, electromovilidad y nuevas exigencias de seguridad.

El RETIE se ha convertido en la brújula para elaborar un diseño eléctrico de una vivienda, un edificio o un proyecto industrial, cumpliendo siempre con los criterios de seguridad, eficiencia energética y compatibilidad con la normativa vigente, como la NTC 2050; el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) en temas de iluminación y normas como la IEEE 80 para sistemas de puesta a tierra en subestaciones.

Entre los puntos clave que regula el RETIE se destacan:

- Diseño detallado de instalaciones eléctricas que minimicen riesgos de electrocución e incendio.
- Uso obligatorio de materiales certificados, desde cables hasta tableros eléctricos.
- Protección contra rayos y sistemas de puesta a tierra que garanticen la continuidad del servicio eléctrico y la protección de las personas, equipos e instalaciones.
- Inclusión de energías renovables, cargadores para vehículos eléctricos y sistemas de autogeneración, reflejando las tendencias del sector energético.

La responsabilidad de asegurar el cumplimiento de este reglamento recae en todas las personas involucradas en cualquier etapa de las instalaciones eléctricas, siendo una tarea compartida por diversos actores en el proceso.

Entre ellos se encuentran: fabricantes y distribuidores de los productos eléctricos; diseñadores, constructores o instaladores; prestadores del servicio público de electricidad; interventores, certificadores y propietarios.

Desde el punto de vista de Ingeniería, el RETIE es crucial porque los profesionales con su trabajo, contribuyen a garantizar la seguridad y la vida de las personas, animales y el medio ambiente, minimizando riesgos eléctricos como electrocuciones e incendios, a la vez que estandariza la calidad y eficiencia de las instalaciones eléctricas en Colombia, promoviendo la profesionalización del sector y asegurando el buen funcionamiento y durabilidad de los equipos, desde la generación hasta el consumo final.

## Foro RETIE ACIEM

La actualización del RETIE 2025 en Colombia se centra en la Resolución 40117 de 2024, promulgada por el Ministerio de Minas y Energía y estableció plazos de transición hasta finales de 2025 para productos, instalaciones y personas, además de la Resolución 40304



El Presidente Nacional de ACIEM, Carlos Arturo Cárdenas en la instalación del foro RETIE: Impactos de las reformas en su aplicación práctica.

de 2025, que amplía el alcance profesional de técnicos y tecnólogos para realizar esquemas constructivos hasta potencias de 15 kVA y simplifica requisitos para instalaciones de baja complejidad, mientras que los organismos de inspección deben actualizar su acreditación antes de 31 de diciembre de 2025 para seguir operando bajo el nuevo reglamento.

Para analizar los impactos de la Resolución 40117, la Comisión de Reglamentos Técnicos de Construcción de ACIEM organizó el foro "RETIE: impactos de las reformas en su aplicación práctica", al cual invitó a distintas autoridades y representantes del Ministerio de Minas y Energía; AIEUN; Capítulo Huila; ASOCEC, CONTE; CIDET, Cuerpo Oficial de Bomberos; EPM y ENEL, quienes compartieron su conocimiento y experiencia en la aplicación del RETIE en sus diversos campos.

En el foro de ACIEM, se destacó la importancia del ejercicio profesional (Ingenieros, Tecnólogos y Técnicos) en el RETIE desde los siguientes escenarios para diseñar instalaciones de calidad y seguras:

- Marco regulatorio y estandarización:** Directrices claras para el diseño, construcción y mantenimiento de instalaciones eléctricas, unificando criterios técnicos y de seguridad.



Conferencistas y panelistas invitados al Foro ACIEM del RETIE: Impactos de las reformas en su aplicación práctica, aportaron su visión sobre la aplicación del reglamento con modificaciones establecidas en la Resolución 40117.

- **Profesionalización:** Capacitación continua de Ingenieros, tecnólogos y técnicos, asegurando que se apliquen las mejores prácticas y tecnologías en función de la calidad y la seguridad de la vida humana.
- **Innovación y adaptación:** Incorporación de nuevas tecnologías, incluyendo energías renovables, alineando la Ingeniería con las necesidades energéticas actuales.
- **Seguridad Humana:** Proteger directamente a los usuarios de accidentes eléctricos, reduciendo fatalidades y lesiones graves.
- **Protección Ambiental:** Prevenir daños a la flora y fauna, como incendios causados por el contacto con líneas eléctricas.
- **Calidad de Vida:** Asegurar que los hogares, hospitales y negocios tengan sistemas fiables, aspectos críticos para la vida moderna.
- **Confianza y sostenibilidad:** Generar confianza en la calidad y seguridad de la energía eléctrica, promoviendo un desarrollo sostenible del sector.
- **Prevención de fraudes:** Combatir la comercialización de productos y prácticas engañosas, garantizando equipos de alta calidad y durabilidad.

## **RETIE: responsabilidad del ejercicio profesional**

Un aspecto destacado por las diversas autoridades e invitados especiales a este espacio institucional, fue el

relacionado con la importancia del ejercicio profesional de Ingenieros, tecnólogos y técnicos en el RETIE, para garantizar la seguridad humana y ambiental; la eficiencia energética y la formalización del sector eléctrico colombiano, y la importancia de diseñar, construir y supervisar instalaciones eléctricas seguras y de calidad, lo que permitirá nuevas oportunidades para proyectos de mayor envergadura y fortalecer la cadena de valor y el acceso equitativo al servicio eléctrico, según las actualizaciones normativas recientes.

Sin duda, los profesionales deben trabajar permanentemente en prevenir accidentes, incendios y fallas, protegiendo vidas, animales y el medio ambiente, al asegurar que las instalaciones cumplan estándares técnicos de acuerdo con la NTC 2050 y demás normas relacionadas, puesto que su labor garantiza instalaciones más eficientes, con diagnósticos precisos y soluciones económicas, mejorando la conexión y continuidad del servicio eléctrico.

En el foro de ACIEM se resaltó que los profesionales que apliquen sus conocimientos de electrotecnia, deben contar con las competencias adecuadas para implementarlas en los procesos de generación, transmisión, distribución y/o utilización de la energía, asegurando el cumplimiento normativo en cada etapa, donde los Ingenieros lideran el diseño, análisis y supervisión de proyectos eléctricos complejos, aplicando el RETIE para asegurar el cumplimiento normati-

vo y la viabilidad técnica y los tecnólogos y técnicos, ejecutan, instalan, mantienen y reparan sistemas eléctricos, coordinan mejoras, analizan planos y estiman costos, siendo vitales para la operatividad diaria y la expansión del servicio.

Cada uno de los actores invitados, subrayó que uno de los fines de este reglamento es garantizar la protección de la vida de las personas contra los riesgos eléctricos, por tanto, es importante que los profesionales responsables cuenten con las competencias y con la actualización técnica y académica para ejercer dicha responsabilidad, en temas relacionados, entre otros: cuadros de cargas que incluyen potencias y tensiones aplicadas; diagramas unifilares incluyendo protecciones de sobre corrientes; cálculos de distancias mínimas de seguridad respecto de las redes o líneas del entorno de una edificación; regulación para máxima carga al final de cada circuito y donde se conecten motores u otras cargas muy sensibles a las caídas de tensión, competencias que pueden representar riesgos sociales al exponer a los ciudadanos a obras eléctricas que no garanticen la idoneidad de quien las elabora.

## Rol de ACIEM frente al RETIE

ACIEM, en calidad de gremio profesional de los Ingenieros y Cuerpo Técnico del Gobierno Nacional, destacó que desde los orígenes del RETIE, el gremio de la Ingeniería ha participado activamente en la elaboración y actualización del reglamento, entendiendo su responsabilidad con la profesión, los usuarios y la sociedad en general, así como su responsabilidad de contribuir al cumplimiento del objetivo de ayudar a proteger la vida humana, animal y vegetal; preservar el medio ambiente y evitar inducir en error al usuario.

En opinión de Carlos Arturo Cárdenas, Presidente Nacional de ACIEM: “Los Ingenieros, a través de nuestro ejercicio profesional, tenemos la obligación de asegurar que los productos, equipos e instalaciones cumplan cabalmente con las normas técnicas nacionales e internacionales que se han previsto en el RETIE. Los Ingenie-

ros y profesionales que desempeñan una labor o responsabilidad frente al reglamento, debemos capacitarnos y actualizar permanentemente nuestros conocimientos en este campo y en las normas para garantizar que los diseños, construcciones e instalaciones sean seguras para la vida humana”.

Igualmente, la Comisión de Reglamentos Técnicos de Construcción de ACIEM reiteró que los Ingenieros se deben involucrar activamente en las fases de diseño, construcción, instalación, operación y/o mantenimiento, para asegurar que lo planificado en la norma se convierta en instalaciones seguras y de calidad.

**“RETIE establece requisitos técnicos esenciales que deben cumplir las instalaciones eléctricas en Colombia, desde una vivienda, hasta un sistema industrial.”**

ACIEM expresó que en las futuras modificaciones del RETIE, se deben seguir incorporando las nuevas tecnologías y fuentes de energía renovables, entre otros aspectos para estar acordes con las nuevas realidades de la economía, la industria y la sociedad.

Finalmente, la Asociación invitó a todos los profesionales relacionados con el reglamento a desarrollar un ejercicio ético aplicando los principios de Veracidad, Integridad, Precisión y Responsabilidad, lo cual exige no sacrificar calidad y/o seguridad por conveniencia económica o intereses particulares.

*“En su rol de supervisión y certificación, los Ingenieros son garantes de la calidad técnica para lograr el cumplimiento de los estándares mínimos para una adecuada y segura instalación eléctrica que brinde una mejor calidad de vida a los colombianos y debemos seguir trabajando en este propósito”:* concluyó Carlos Arturo Cárdenas, Presidente Nacional de ACIEM. 

# Normas para diseño y manufactura de productos electrónicos

ANDRÉ GIOVANNY LÁVERDE GUTIÉRREZ\*

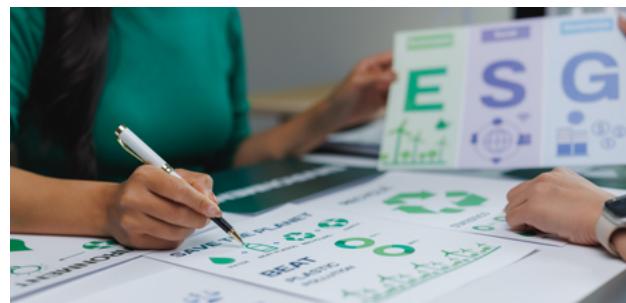
**L**a industria electrónica es un dinamizador de grandes sectores como el automotriz, médico, militar, aeroespacial, agrícola, de consumo y comunicaciones, con un mercado global que supera los 4 billones de dólares y un crecimiento anual sostenido, generando miles de empleos y oportunidades de desarrollo.

Actualmente, el hardware impulsa tecnologías clave de la cuarta revolución industrial como la inteligencia artificial (IA), el Internet de las Cosas (IoT) y la automatización avanzada.

En Colombia, la industria electrónica se encuentra en etapa de consolidación en diseño y manufactura, y comienza a dar sus primeros pasos en la exportación de diseño de semiconductores. Este avance requiere superar retos estructurales, entre ellos la adopción de normas y estándares internacionales, la certificación de procesos y productos, y la formación de talento humano especializado.

Solo así podrá insertarse en los mercados globales y aprovechar iniciativas como el proyecto de ley para el fomento de la industria electrónica y de semiconductores, que actualmente cursa en el Congreso de la República.

En un mundo donde la tecnología avanza a un ritmo vertiginoso, las normas internacionales se han convertido en el lenguaje común que aportan al Ingeniero los conocimientos, buenas prácticas y competencias en su trabajo de diseño y manufactura electrónica, también garantizan la calidad, seguridad y confiabilidad de los productos electrónicos.



Adoptarlas no es solo una exigencia técnica, sino una estrategia de competitividad que permite a las empresas integrarse en cadenas globales de valor, acceder a nuevos mercados y fortalecer la confianza de los clientes.

## La importancia de las normas en la electrónica

Una norma es un documento técnico elaborado en conjunto por empresarios, investigadores, científicos, expertos de la industria, y adoptado por entidades nacionales e internacionales. Se puede clasificar de manera práctica en normas para personas y para productos:

- Normas para personas: Estas definen prácticas, requisitos, métodos, lineamientos y calidad que deben cumplir los colaboradores que trabajan en diseño, manufactura, inspección de calidad, reparación, cuya competencia es certificada con esas mismas normas.
  - Normas para productos: Definen los requerimientos, ensayos, instrumentos de medición, niveles de conformidad, para que los productos y procesos puedan cumplir con los niveles de calidad, seguridad y desempeño esperados por los mercados globales.

En la industria electrónica, la estandarización avanza dinámicamente, adaptándose a productos y procesos cada vez más complejos. Gracias a las normas, los diseñadores y fabricantes pueden hablar un mismo lenguaje técnico, reducir costos, evitar errores y fortalecer la interoperabilidad de los sistemas.



## Principales normas aplicables a la industria electrónica

Las normas más relevantes para el diseño y la manufactura de productos electrónicos incluyen:

- Normas ISO (International Organization for Standardization)<sup>1</sup>: orientadas a la normalización y certificación de procesos.
- Normas IEC (International Electrotechnical Commission)<sup>2</sup>: enfocadas en la normalización, ensayos y certificación de productos eléctricos y electrónicos.
- Normas IPC, ahora Global Electronics Association<sup>3</sup>: aplicables para tarjetas de circuito impreso o PCB (Printed Circuit Board), ensambles electrónicos y certificación de personas.

Aunque no son normas propiamente dichas, es importante mencionar las directivas RoHS (Restriction of Hazardous Substances) y REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) son acuerdos internacionales para sustancias peligrosas.

## El lenguaje universal de la calidad: normas ISO

Las normas ISO son el pilar de la gestión de la calidad y la mejora continua. Están diseñadas para asegurar que los procesos internos de una organización, desde el diseño hasta la manufactura, sigan metodologías documentadas, medibles y verificables. Entre las más relevantes se destacan:

- ISO 9001: norma general de gestión de la calidad, aplicable a todo tipo de organización.
- ISO 13485: específica para empresas que fabrican equipos biomédicos y de salud.
- AS9100: centrada en empresas de los sectores defensa, aeronáutico y espacial.

Cada una de ellas busca certificar que los procesos de la empresa, ya sean de diseño de hardware, Diseño de PCB, firmware, software, fabricación, ensamblaje, o manufactura electrónica, estén alineados con las mejores prácticas y requisitos del mercado.

Cuando una compañía certifica sus procesos en una norma ISO, no solo mejora su control interno, sino que también fortalece su reputación y su capacidad de entrada a cadenas internacionales de suministro.

## Garantizar seguridad y desempeño: normas IEC

Las normas IEC son el marco técnico que regula la seguridad, calidad e interoperabilidad de los productos eléctricos y electrónicos.

Adoptadas y adaptadas por organismos nacionales, como el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) en Colombia, son fundamentales para acceder a mercados internacionales o cumplir con las regulaciones locales de cada país.

1 <http://www.iso.org/>

2 <https://iec.ch/>

3 <https://www.electronics.org/>

**“En Colombia, la industria electrónica se encuentra en etapa de consolidación en diseño y manufactura, y comienza a dar sus primeros pasos en la exportación de diseño de semiconductores.”**

Definen desde los requisitos de marcado y documentación hasta los ensayos eléctricos, térmicos y mecánicos que garantizan la seguridad de los usuarios y la confiabilidad de los productos.

Entre las más importantes destacan:

- IEC 60601-1: seguridad eléctrica para equipos biomédicos.
- IEC 62368-1: aplicable a equipos de IoT, video, información, comunicaciones y electrodomésticos inteligentes.
- IEC 60598-1: para luminarias y sistemas de iluminación LED.
- IEC 61010-1: para equipos de medición, control y laboratorio.

Por ejemplo, en el caso de los equipos médicos, los ensayos de seguridad eléctrica garantizan que los usuarios o pacientes no estén expuestos a choques eléctricos. En Colombia, el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) exige la aplicación de estas pruebas junto con Ensayos de Compatibilidad Electromagnética (EMC).

Cuando un país adopta oficialmente una norma IEC, esta se identifica con el prefijo de su organismo nacional de normalización. Así, por ejemplo, la NTC-IEC 60601 corresponde a la adaptación colombiana de la norma internacional, mientras que UNE-IEC 60601 es la versión española y UL-IEC 60601 la certificación emitida por laboratorios estadounidenses reconocidos.

## Compatibilidad electromagnética: normas IEC/CISPR/NTC

En la era de los dispositivos conectados, la compatibilidad electromagnética (EMC) se ha convertido en un aspecto esencial del diseño y certificación de productos electrónicos.

Las normas de la serie IEC, CISPR y sus equivalentes NTC (en Colombia) garantizan que la radiación electromagnética o interferencia generada (EMI-Electromagnetic Interference) por un equipo electrónico, permanezca dentro de límites permitidos y no afecte a otros equipos, y que el propio equipo pueda operar de forma estable frente a las perturbaciones electromagnéticas externas presentes en su ambiente.

A continuación, se presentan las normas más relevantes en este ámbito, divididas según el tipo de ensayo.

### Normas y ensayos de Emisión Electromagnética

Determinan los límites de la radiación o emisión electromagnética, que puede generar un equipo. Algunas de las más usadas son:

- CISPR 11 - radiofrecuencia radiada y conducida para equipo industrial, científico y médico (ISM).
- CISPR 32 - radiofrecuencia radiada y conducida para equipo multimedia.
- CISPR 14 emisión límites y métodos para aplicaciones caseras.
- IEC 61000-3-2 - corrientes armónicas.
- IEC 61000-3-3 – parpadeo, fluctuaciones y flickers.
- IEC 61000-6-3 - límites residenciales.
- IEC 61000-6-4 - límites industriales.
- FCC Parte 15 - radiofrecuencia radiada y conducida para Dispositivos de RF o radiofrecuencia.
- FCC Parte 18 - radiofrecuencia radiada y conducida (ISM).



## Normas y ensayos de Inmunidad Electromagnética

Las normas de inmunidad o susceptibilidad establecen los métodos y niveles de prueba para garantizar que los equipos puedan resistir o tolerar perturbaciones electromagnéticas externas (EMI):

- IEC 61000-4-2 - descarga electrostática (ESD).
- IEC 61000-4-3 - radiación de radiofrecuencia (RF), campo lejano.
- IEC 61000-4-4 – ráfagas.
- IEC 61000-4-5 - sobretensión de red.
- IEC 61000-4-6 - conducción de RF
- IEC 61000-4-8 - campo magnético.
- IEC 61000-4-11 - caídas de tensión en CA.
- IEC 61000-4-39 - radiación de RF, campo cercano.
- IEC 61000-6-1 - niveles de prueba residenciales.
- IEC 61000-6-2 - niveles de prueba industriales.

Los productos electrónicos deben ser llevados a laboratorios acreditados internacionalmente, donde se realizan los ensayos del listado anterior según su tipo, uso y entorno de aplicación. Una vez se verifican las mediciones y el cumplimiento de los límites, los laboratorios emiten un certificado de conformidad que respalda el desempeño electromagnético del producto.

Cumplir con estas normas es requisito indispensable para la comercialización internacional y para cumplir las exigencias de los organismos regulatorios.

## Excelencia en diseño y manufactura: normas IPC

Las normas IPC, gestionadas por la Global Electronics Association, son el estándar mundial en el diseño y manufactura electrónica. Son un conjunto de reglas, criterios, líneas guía, y características de procedimientos para productos y procesos, desarrollados por expertos de la industria electrónica, que ayudan a los diseñadores y manufacturadores a seguir buenas prácticas de diseño, producción y control de calidad en productos electrónicos.

Su adopción y certificación permite que diseñadores, fabricantes, clientes y proveedores hablen el mismo lenguaje técnico, reduzcan errores, optimicen costos y aumenten la confiabilidad de los productos. Además, las normas IPC siguen los lineamientos del American National Standards Institute (ANSI), lo que refuerza su reconocimiento global.

Las normas IPC se dividen en dos: normas para diseño de tarjetas electrónicas PCB y normas para manufactura electrónica.

## Normas IPC para diseño de circuitos impresos (PCB)

Las normas IPC orientadas al diseño de tarjetas electrónicas establecen las especificaciones que deben seguir los Ingenieros al diseñar placas de circuito impreso (Printed Circuit Boards – PCB), garantizando su funcionalidad, durabilidad y facilidad de manufactura.

Entre las más utilizadas se encuentran:

- IPC 2221B: estándar genérico para el diseño de PCB.
- IPC 2222B: diseño de PCB rígidas.
- IPC 2223D: diseño de PCB flexibles.
- IPC 2228B: diseño de alta densidad (HDI).
- IPC 7351: diseño de montaje superficial SMT.
- IPC 2251: diseño de alta velocidad.
- IPC D-325 y familia IPC 2611-15: documentación técnica y especificaciones.
- IPC 2231A: diseño para la excelencia (Design for Excellence).

**“ Las normas internacionales se han convertido en el lenguaje común que aportan al Ingeniero los conocimientos, buenas prácticas y competencias en su trabajo de diseño y manufactura electrónica”**

A partir de estas normas, los profesionales pueden certificarse en programas internacionales reconocidos, tales como:

- CID (Certified Interconnect Designer), para diseñadores de PCB.
- CID+ (Advanced Certified Interconnect Designer), para diseñadores avanzados de PCB.

Estas certificaciones garantizan la competencia técnica del personal involucrado en el diseño de tarjetas electrónicas y facilitan la colaboración con empresas internacionales que exigen estándares IPC en sus procesos.

### **Normas IPC para manufactura electrónica**

En el campo de la manufactura y ensamble electrónico, las normas IPC establecen los criterios de aceptación visual, calidad del ensamble y control de los procesos de soldadura, cables y arneses. Son la referencia global más usada por ensambladores, fabricantes y técnicos de mantenimiento.

Entre las más relevantes se destacan:

- IPC 610 para la aceptación de soldadura y ensamble electrónico. Norma de calidad de manufactura más usado en el mundo.
- IPC 620 de requerimientos y aceptación de cables y arneses. Aplicable a la manufactura de arneses de tipo industrial, aeronáutico, espacial, automotriz.

- IPC 7711/21 reparación, retrabajo, modificación de PCB y ensambles. Son los manuales guía de reparación y reemplazo, con el impacto mínimo en la calidad y la confiabilidad del producto.
- IPC J-STD-001 requerimientos para soldaduras electrónicas.

Estas normas también certifican a las personas que intervienen en los procesos de diseño, ensamble, inspección o reparación. Los profesionales, inspectores, auditores, operarios, expertos que trabajan en diseño, fabricación, ensamble, soldadura o reparación, pueden obtener certificaciones como CIS (Certified IPC Specialist), garantizando que todos trabajen bajo los mismos estándares de calidad global.

### **Otras normas y buenas prácticas para la manufactura electrónica**

Además de las normas de diseño y ensamble, existen estándares complementarios que fortalecen la confiabilidad, durabilidad y sostenibilidad de los productos electrónicos. Entre las más destacadas se encuentran:

- IPC-CC-830: selección y aplicación de recubrimientos conformales (conformal coating), indispensables en industrias que requieren proteger los ensambles electrónicos frente a humedad, corrosión, choques o vibraciones.
- ANSI/ESD S20.20-2021: define, implementa y mantiene programas de protección contra descargas electrostáticas (ESD) en los procesos de ensamble y manufactura electrónica, considerando la interacción entre personas y máquinas.
- J-STD-033: manejo, empaque y transporte de componentes sensibles a la humedad y al reflujo térmico.
- J-STD-020: clasificación de sensibilidad a la humedad para componentes de montaje superficial.

La correcta aplicación de estas normas reduce significativamente las fallas durante el ciclo de vida del producto, evitando costos por reprocesos o devoluciones, y asegurando la consistencia de la producción.

## Directivas internacionales: hacia una industria más limpia y sostenible

Aunque no son normas técnicas en sentido estricto, existen directivas internacionales que regulan la fabricación y disposición de productos eléctricos y electrónicos. Estas iniciativas, principalmente originadas en la Unión Europea, buscan promover la sostenibilidad, el reciclaje y la eliminación de materiales tóxicos en la manufactura electrónica:

- RoHS (Restriction of Hazardous Substances): hace relación a la Directiva 2011/65/UE de restringir las sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos, como plomo, mercurio, cromo, cadmio, PBB y otros. Su propósito es sustituir estos materiales por alternativas seguras, como terminaciones de estaño, oro-níquel, plata u orgánicos en PCB, y soldaduras libres de plomo.
- El reglamento REACH, que traduce reglamento de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas de EU, vigente desde el 18 de diciembre de 2006, regula la importación y uso de sustancias químicas peligrosas en la manufactura electrónica.
- La directiva WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment), 2002/96/CE, promueve el reciclaje, reúso y recuperación de residuos de dispositivos eléctricos y electrónicos, estableciendo la responsabilidad del productor en la gestión ambiental de los dispositivos al final de su vida útil.

Estas directivas, aunque de origen europeo, se han convertido en referencia mundial. Muchos países, incluido Colombia, las han tomado como base para actualizar sus políticas de gestión ambiental y de residuos electrónicos, en el marco de los compromisos de sostenibilidad y economía circular.

El diseño electrónico y la fabricación son el corazón de la producción tecnológica moderna, y su avance depende de la formación y certificación del talento hu-

mano, tanto en las normas internacionales de diseño y manufactura, como en las normas de certificación de productos.

Ingenieros, técnicos y tecnólogos que dominen estos estándares pueden trabajar con las mejores prácticas globales, garantizar la confiabilidad y seguridad de los productos y contribuir al posicionamiento de Colombia como un país de innovación, calidad y excelencia industrial.

**“ Ingenieros, técnicos y tecnólogos que dominen estos estándares pueden trabajar con las mejores prácticas globales, garantizar la confiabilidad y seguridad de los productos. ”**

La adopción de normas no debe entenderse como una obligación burocrática, sino como una herramienta estratégica para el crecimiento sostenible y la apertura de nuevos mercados. Cada certificación obtenida, cada proceso ajustado a los estándares internacionales, representa un paso hacia una industria nacional más sólida, competitiva y preparada para integrarse a las cadenas globales de valor.

En un momento en que Colombia apuesta por la reindustrialización y la transformación tecnológica, la inversión en talento especializado y la implementación rigurosa de normas de calidad y seguridad son elementos decisivos para consolidar el ecosistema de electrónica y semiconductores. Así, el país podrá avanzar con paso firme hacia una economía basada en el conocimiento, donde la ingeniería, la innovación y la excelencia técnica sean su sello distintivo. 

\*André Giovanny Laverde Gutiérrez, CID+ CIT. Gerente Aldelta Technologies Miembro IPC. Entrenador en normas IPC para diseño y manufactura electrónica. Diseñador de PCB.

# Centro de Pensamiento del Sector Férreo en Colombia ACIEM – U. De Los Andes

**A** pesar de su importancia durante el siglo XIX, el transporte ferroviario en Colombia fue perdiendo relevancia con el paso del tiempo. Esta situación obedeció a diversos factores, entre ellos la baja inversión, la debilidad institucional y la prioridad que se le dio al desarrollo de la infraestructura vial.

En consecuencia, el país depende hoy en gran medida del transporte de carga por carretera. De acuerdo con cifras del Ministerio de Transporte, el 84% de la carga se mueve por vía terrestre, el 6% por otros modos (fluvial, cabotaje y aéreo) y apenas el 10% utiliza el tren; de este último porcentaje, el 99% corresponde al transporte de carbón.

A esta realidad se suma la histórica falta de inversión en infraestructura ferroviaria, que solo representa el 1,8% del presupuesto del sector transporte, lo cual agrava aún más la situación.

Actualmente, la red férrea nacional es de 3.533km, de los cuales solo un 31% está activa, siendo estos: La Dorada - Chiriguaná: 522 km; Bogotá - Belencito: 308km y Chiriguaná - Santa Marta: 246 km, por lo que es indispensable apostarle a la reactivación del sistema férreo del país, con el objeto de aprovechar al máximo su infraestructura, para conectar los distintos modos de transporte de carga, que permita una eficiencia logística y la generación de condiciones óptimas en su implementación.

De otra parte, en 2024 el transporte férreo de pasajeros en Colombia movilizó 424,000 personas, siendo el corredor Bogotá-Belencito el principal, con 410,000



Ings. Juan Pablo Bocarejo, Director del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de Los Andes y Carlos Arturo Cárdenas, Presidente Nacional de ACIEM en el lanzamiento del Centro de Pensamiento Sector Férreo realizado el pasado 18 de noviembre en la U. de los Andes.

usuarios entre Bogotá, Zipaquirá y Cajicá, y 14,000 adicionales en diciembre, gracias al Tren de Navidad de Boyacá. Estas cifras reflejan una reactivación del servicio en corredores específicos, con una proyección de transporte de carga positiva.

Adicionalmente, vale la pena destacar los grandes proyectos que conectarán a Bogotá con municipios aledaños, como el RegioTram del Norte, que unirá Bogotá con Zipaquirá, Cajicá y Chía y el RegioTram de Occidente que facilitará el transporte de pasajeros entre la capital y los municipios del occidente de Cundinamarca. Estos proyectos evidencian un compromiso real con la modernización de la movilidad metropolitana y regional, con implicaciones directas en la calidad de vida; la reducción de tiempos de desplazamiento; la integración urbana y la sostenibilidad ambiental.



Foro Desafíos de Sistemas férreos en el próximo cuatrienio, organizado entre la U. de los Andes y ACIEM

Teniendo en cuenta la importancia que tiene el desarrollo de este sector para el país, ACIEM en conjunto con la Universidad de los Andes realizó el Acuerdo Interinstitucional del Centro de Pensamiento Sector Férreo, una alianza que tiene como objetivos: Impulsar el modo férreo como un componente multimodal y logístico para el transporte de carga y reducir los costos de transporte internos e impulsar el modo férreo de pasajeros como un elemento que permita reducir las externalidades negativas: congestión, contaminación, accidentalidad.

Esta mutua cooperación entre ACIEM y la Universidad de los Andes está orientada a la realización conjunta de actividades académicas, docentes, investigativas y de extensión de servicios, además de articular esfuerzos que permitan el fortalecimiento y la modernización del sistema férreo nacional.

Entre otras, se destacan:

- Sistemas férreos de carga y pasajeros, así como sus subsistemas asociados: obra civil, energía, telecomunicaciones, radiocomunicaciones, señalización y material rodante.
- Normatividad férrea nacional e internacional.
- Gobernanza e institucionalidad del sistema férreo colombiano, orientada a promover un modelo operativo eficiente y sostenible.
- Estructuración técnica, financiera, económica y social de proyectos férreos, que fortalezca la toma de decisiones y formulación de iniciativas estratégicas.

- Mecanismos de financiación que faciliten la ejecución y puesta en marcha de proyectos ferroviarios.
- Evaluación y gestión de riesgos en el contexto de los sistemas férreos.
- Gestión de activos de infraestructura física férrea y material rodante.
- Patrimonio férreo de la nación.
- Telecomunicaciones aplicadas al sector férreo, fundamentales para la operación moderna y segura.
- Energía para el sector férreo, incluyendo estudios, tecnologías y aplicaciones orientadas a la eficiencia energética.

En opinión del Ing. Carlos Arturo Cárdenas, Presidente Nacional de ACIEM, “firmar el acuerdo del Centro de Pensamiento del Sector Férreo es importante al ser una plataforma estratégica para que nuestros Ingenieros Afiliados cuenten con nuevas oportunidades para su desarrollo laboral y como ACIEM promovemos la competitividad país, lo que contempla un plan a corto plazo que consiste en aportar riqueza y competitividad al sector industrial y la sociedad en Colombia. Entonces, este acuerdo abre un abanico de posibilidades por el bien de la Ingeniería y la sociedad en general”.

Para Juan Pablo Bocarejo, Director del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de Los Andes existen grandes oportunidades y desafíos en Colombia en el desarrollo de la infraestructura “Sin duda alguna, el sector férreo se va a seguir consolidando tanto a nivel de trenes urbanos, metros como el caso de los trenes regionales de pasajeros, y de una manera muy importante en el tema del transporte de carga, por ello el Centro de Pensamiento Férreo con la Asociación de Ingenieros ACIEM será la oportunidad de construir una capacidad humana indispensable para que estos proyectos se desarrollen efectivamente”, indicó el Directivo de la institución.

En este contexto, el Centro de Pensamiento del Sector Férreo busca consolidar un espacio de intercambio en conocimiento, investigación aplicada y formación especializada, que contribuya al fortalecimiento del sistema férreo colombiano; la innovación tecnológica y desarrollo sostenible del transporte en el país. 

# Gestión integral de demanda, clave en la evolución energética

POR: JULIÁN GARCÍA\*

**H**ay una percepción muy común y es que estamos en una transición energética, que consiste en pasar de los combustibles fósiles a energías renovables, con el objetivo de reducir emisiones para controlar el calentamiento global. En opinión del autor de este artículo, basar las decisiones de empresas, gobiernos y ciudadanos en esta percepción, es un error de estrategia.

Estamos realmente en una evolución energética, lo cual implica que es una transformación de todo el sistema a partir de una serie de razones que compartimos con los lectores.

Primero, en cuanto a sostenibilidad planetaria, muchas más cosas interesan en sus tres dimensiones: social, económica y ambiental. En lo ambiental además del cambio climático, preocupa también la acidificación de los océanos; la pérdida de biodiversidad; la contaminación química de aguas y suelos; la polución en las ciudades, entre otros aspectos.

Y en las demás dimensiones, importa y mucho, por ejemplo, la llamada pobreza energética. La interacción energía-sostenibilidad es mucho más que el cambio climático; además, no hay siquiera, ni seguramente lo habrá, consenso científico en todo lo referente al asunto climático.

Segundo, desde finales del siglo pasado, se ha producido un verdadero salto tecnológico que atraviesa todo el proceso productivo de las energías, por mencionar, la perforación horizontal en la producción hidrocarburífera, más que el fracturamiento hidráulico, ha permitido que el primer país importador de petróleo del mundo pase a ser el primer productor y exportador, cambio sustancial en el mercado.



## Nuevas formas de consumo de energía

El transporte y comercio internacional de gas natural, pasó de ser por ductos en estado gaseoso a ser principalmente en forma de gas licuado por buques metálicos, haciendo del gas hoy un verdadero commodity que se tranza en el mercado spot, como el crudo.

En generación eléctrica térmica, una moderna planta a gas logra eficiencias cerca al 60%, cuando en el siglo pasado estaba alrededor del 30% (2X). La generación eléctrica solar y eólica han mejorado su eficiencia energética y el alcance de los proyectos; por ejemplo, hoy un solo aerogenerador puede tener más de 15 MW de capacidad y, los costos en solar con una disminución del 90%.

Pero donde la tecnología también ha avanzado significativamente, y donde su impacto sobre la sociedad podría ser aún mayor, es en el consumo. Un ejemplo claro es la iluminación: un bombillo LED de 10W, hoy asequible y común, ilumina lo mismo que el de 100W incandescente que usábamos hace tan solo 15 años; esta mejora del 90% en la eficiencia del consumo representa un salto tecnológico enorme, con implicaciones directas en la sostenibilidad.



El avance en vehículos de combustión interna ha sido relevante para el mercado, la sostenibilidad y la geopolítica; la eficiencia energética se ha duplicado: un vehículo moderno recorre el doble de kilómetros con el mismo galón de gasolina en comparación con uno fabricado a principios de siglo.

Entre muchos avances del sector eléctrico, uno particularmente transformador es el almacenamiento químico en baterías de litio, sodio, y más recientemente de estado sólido, que ofrecen mejoras significativas en volumen, peso y precio, lo cual cambia totalmente la manera de ver la electricidad de un energético móvil a escala y esto es la movilidad eléctrica.

Otro ejemplo es la bomba de calor, el electrodoméstico de moda en los países desarrollados, que utiliza la termodinámica para ‘tomar’ energía del ambiente con eficiencia energética del 300%, frente al 35% de un calentador de agua a gas. Y esto sin mencionar los sistemas inteligentes y numerosos avances adicionales.

Todos estos desarrollos son un salto ‘cuántico’ en la forma de consumir energía, explican la acelerada electrificación de la sociedad y el cambio fundamental en el mercado de los hidrocarburos y la geopolítica, entre otros elementos de la evolución energética.

Tercero, la demografía, la calidad de vida y el crecimiento económico están cambiando sustancialmente

quién, cómo y para qué consume energía; por ejemplo, atravesamos un inmenso crecimiento de la clase media en países en desarrollo. Solo en India y China, que ya concentran el 35% de la población global, representan el 32%, 25% y 45% de comercio global de petróleo, gas y carbón, respectivamente, y estas cifras continúan en aumento.

En consecuencia, estos dos países se convierten en los ‘determinadores’ del comercio global de combustibles fósiles, claves para la formación del precio. Además, son éstos los grandes fabricantes de los aparatos que usa el sistema energético, desde paneles solares y estufas eléctricas, hasta vehículos. Esto constituye un cambio sustancial en los mercados de energéticos y en los encadenamientos que conforman el sistema energético.

Producto de lo anterior los países desarrollados iniciaron su evolución energética, a partir de finales del siglo pasado. Europa, Japón y el mismo Estados Unidos llevan más de diez años reduciendo su consumo de petróleo; Japón de hecho, lo hace desde hace más de 20 años, inicialmente por la mencionada mejora en eficiencia en la combustión interna, a lo que ahora se suma la evolución a vehículos eléctricos.

Estos países hace rato pasaron por su peak oil, o pico de consumo de petróleo. Por eso ya no son hoy los principales consumidores y compradores de este hidrocarburo en el mercado global, como era a principios de siglo.

Hoy, los mayores compradores y consumidores de combustibles fósiles y, por ende, los principales emisores son los países donde se concentra la población más pobre del planeta, mientras que antes lo eran aquellos donde viven los más ricos y esto representa un cambio sustancial tanto en el mercado como en la perspectiva de la sostenibilidad.

Todas estas realidades, y muchas más, nos llevan a concluir que lo que está ocurriendo es una evolución, más o menos rápida, que afecta a todo el sistema energético.

## Balance entre gestión de oferta y demanda energética

Esta evolución implica que la gestión de la energía, para ser estratégica, debe balancear la gestión de oferta con la de demanda. Antes, el enfoque estaba principalmente en la oferta y el abastecimiento. Gobiernos y empresarios de la industria, como en Colombia, se enfocaban más en perforar pozos, construir oleoductos, ampliar refinerías, plantas de generación, entre otros., que en entender la demanda y gestionarla.

Los consumidores eran, por su parte, actores más pasivos, que actuaban a ciegas, según lo que las empresas proveedoras de energías y el gobierno les imponían. Poco a poco eso está cambiando: los consumidores se están despertando, cuentan con más opciones para elegir el tipo de energía, los aparatos para usarla y además a tener más información, con algo más de educación energética.

Cualquier gobierno o empresa que entienda esto, mejora sustancialmente las probabilidades de éxito; comprenderlo representa una ventaja competitiva.

**“Estamos realmente en una evolución energética, lo cual implica que es una transformación de todo el sistema.”**

Una estrategia exitosa para un gobierno hoy, para su política energética y, para una empresa del sector, en su estrategia competitiva, es tener un adecuado balance entre gestión de oferta y gestión de demanda. Y esa gestión de demanda deber ser integral. Entendiendo por integral el hecho que consideren todas las dimensiones: técnica, económica, social, ambiental, comercial, geopolítica, cultural, política, entre otras.



## Gestión integral de demanda energética

Para ilustrar lo planteado aquí, a continuación, algunos casos de estudio sobre gestión integral de demanda.

Una nevera o un aire acondicionado moderno consumen la mitad o menos de energía que uno de hace 15 años. Instalar sistemas solares, porque son la supuesta transición energética y salvan el planeta, para dar energía a aparatos viejos e ineficientes, es generalmente un error.

Es más eficiente y económico para la sociedad y para el consumidor tanto en lo económico, como lo ambiental y además lo fiscal, teniendo en cuenta que la energía es subsidiada reemplazar primero el aparato de consumo viejo e ineficiente por uno moderno, antes que instalar un sistema solar.

No se debería subsidiar ni instalar ningún sistema solar residencial o comercial sin antes optimizar el consumo. Un ejemplo de política pública sería establecer un día sin IVA para la compra de neveras en estratos bajos, con el objetivo de incentivar la modernización de estos electrodomésticos.

Lo anterior reduciría significativamente la factura de los usuarios y, al mismo tiempo, disminuiría el subsidio que debe asumir el Gobierno; además, se promovería la industria nacional de neveras. Es un beneficio para todos, además tener un balance entre gestión de oferta y de demanda.

Ante la mayor opcionalidad de energéticos y aparatos que hoy se tiene, lo que debe evaluar un consumidor energético a la hora de escoger cómo satisfacer sus necesidades energéticas, es el precio de la energía útil. Esto es el costo de hacer un trabajo útil, como calentar un alimento o, transportar una carga o pasajero.

Este es el resultado de la tarifa o precio del energético que usará y de la eficiencia energética y costo del aparato que usará, veamos un par de ejemplos:

Hoy un hogar o restaurante puede escoger entre cocinar con gas natural, GLP, electricidad en una estufa moderna de infrarrojo o una de inducción, entre otros, para cocinar un sancocho.

Por un lado, la eficiencia energética de una estufa eléctrica de inducción es tres veces mayor que una de gas; por otro lado, la tarifa eléctrica en Colombia es hoy aproximadamente tres veces la del gas natural, en pesos por kWh (3X). De este modo, el mayor costo de la electricidad se compensa con la mayor eficiencia de la estufa eléctrica, por lo que cocinar con uno u otro energético, cuesta casi lo mismo, lo cual aplica especialmente para la región central del país.

En el occidente del país (Valle, Cauca, Nariño y eje cafetero), donde el gas natural cuesta más que en el interior, pues la tarifa de transporte de gas natural es, por regulación, definida por distancia, y ellos están en la cola del gasoducto, el gas natural es aún más caro que la electricidad en comparación con el centro del país. Así, en Cali si cuesta menos cocinar el sancocho valluno con electricidad que con gas natural.

**“La demografía, la calidad de vida y el crecimiento económico están cambiando sustancialmente quién, cómo y para qué consume energía.”**



Algo similar es lo que está empezando a ocurrir con la movilidad eléctrica; si bien un vehículo eléctrico cuesta más que uno de combustión, 2X por dar una idea, y la electricidad cuesta más que la gasolina (2X), su eficiencia energética es mucho mayor, alrededor de 7X. Por ello, el costo adicional del vehículo y de la electricidad se compensa a largo plazo con el ahorro en la factura energética y en mantenimiento del vehículo.

Además, ese 'a largo plazo' se está acortando cada vez más; de hecho, en el caso de vehículos comerciales que recorren muchos miles de kilómetros al año, como taxis o vehículos urbanos de carga ligera, el reembolso de la inversión ya ocurre en muy pocos años.

A los grandes debates nacionales sobre explorar para no perder la autosuficiencia petrolera y gasífera; ampliar y modernizar más o no las refinerías; los gasoductos y la regasificación para importación; apagar las carboeléctricas, o por el contrario construir nuevas, entre otros, le falta el análisis de gestión de demanda.

Por ejemplo, si con gas natural de Los llanos, que es barato, cuesta menos cocinar un sancocho valluno que con electricidad, con gas natural importado o el mismo nuestro del offshore, que es de dos a tres veces más caro del de Los Llanos Orientales, ya será aún más barato cocinar con electricidad, ¿para qué importar gas costoso para cocinar, cuando tal vez lo que deberíamos hacer es promover el cambio de estufa a eléctrica y reforzar las redes eléctricas?

Lo planteado aquí no es proponer detener la exploración, ni dejar frenar el desarrollo de Sirius, el mensaje que se quiere transmitir es que hace falta un análisis integral de oferta y demanda; de optimización en lo técnico, económico, fiscal, y ambiental. En este contexto, la eficiencia energética suele ser la opción más beneficiosa, y la sustitución y modernización energética en el consumo, tienen mucho espacio para avanzar.

## Nuevo enfoque energético

La energía más barata y sostenible es la que no se necesita, la que logramos ahorrar; no son necesariamente las renovables.

Miremos el nuevo energético de moda: el hidrógeno. El enfoque que han adoptado algunos países, como los gobiernos recientes de Colombia, y algunas empresas como nuestra petrolera estatal, es solo ver el negocio desde la oferta; lo cual es un error.

Desde esta perspectiva, y sin dejar de reconocer las bondades del hidrógeno verde, pareciera que el principal reto remanente del hidrógeno verde, para ser el negocio del siglo, es lograr bajar su costo de producción a US\$ 1/kg, desde los 5 o 7 dólares actuales, un reto tecnológico y de costos, que seguramente se logaría algún día.

Pero visto desde la demanda, el reto es otro y muy grande; tiene que ver con la química del hidrógeno. La molécula de hidrógeno, al ser de muy baja densidad y muy pequeña, requiere equipos para su transporte, almacenamiento y uso, mucho más costosos y con altos riesgos operativos.

Para ilustrar, comparemos el gas natural con el hidrógeno: el gas natural comprimido (GNV) que usan los taxis, requiere una presión de 250 bares y el gas natural licuado que importamos está una temperatura de -165oC; en comparación, el hidrógeno requiere 700 bares y una temperatura de -253oC.

**“La energía más barata y sostenible es la que no se necesita, la que logramos ahorrar; no son necesariamente las renovables.”**

Esta sustancial mayor presión y menor temperatura, en una molécula menos densa y más pequeña, hace que los recipientes y ductos para hidrógeno deban ser mucho más sofisticados, costosos y riesgosos, por ejemplo, en metalurgia. El hidrógeno no permite ni una microfisura en un recipiente, ducto, empalme o válvula, pues, al ser tan pequeño y estar a alta presión, se escapa muy fácilmente, además al escaparse, a diferencia del gas, reacciona con casi todo lo que encuentra a su paso, lo cual es además un riesgo operativo.

Esto explica por qué la moda del hidrógeno se está desinflando parcialmente: solo unos pocos de los muchos proyectos propuestos, logran atraer clientes y financiación. En el sector transporte, por ejemplo, la batalla entre los vehículos eléctricos de batería y los de hidrógeno, parece que ya la perdió el hidrógeno en el caso de los vehículos particulares y de carga liviana; para la carga pesada, la competencia continua en un mano a mano. Entonces, invertir USD 10 millones para tener el primer bus de hidrógeno verde de Latinoamérica, pudo no ser tan buena idea.

No obstante, esto no significa que el hidrógeno no sea una opción muy valiosa en ciertos nichos de consumo, ni que sus derivados, como los combustibles sintéticos, no tengan futuro en aplicaciones específicas.

Lo que está sucediendo es una evolución energética en todo el sistema energético, un factor clave de éxito para gobierno, empresas y consumidores, es considerar esta otra visión y, en consecuencia, incluir la gestión integral de demanda en la definición de su estrategia. 

\*Julián García Salcedo. Maestrías en Ingeniería Civil (Recursos Hidráulicos) en Colorado State University (EEUU) y Administración de Empresas en la Universidad de Birmingham (Inglaterra) y estudios de Maestría en Economía en la Universidad de Los Andes.; ex Presidente de la Transportadora de Gas Internacional (TGI); Profesor Asociado de la Universidad de Los Andes y analista de Primera Página - Radio/TV.

# La energía está limitando la productividad y el crecimiento económico de la industria

POR: SANDRA STELLA FONSECA\*

Voy a empezar este artículo desde las conclusiones, y estas son que se tiene una estrechez cada vez más preocupante en el sector energético entre la oferta y la demanda y estamos, por tanto, entrando en una crisis energética ya evidente en gas natural y en el sector eléctrico.

El tiempo de decisión para lograr el desarrollo de infraestructura es corto, por esto, debido a la falta de expansión en oferta, transporte e importación de gas, y el retraso tanto en proyectos de generación eléctrica como de la infraestructura de transporte de energía y distribución de redes en las ciudades, nos enfrentan a una situación sin precedentes.

Es evidente que los proyectos actuales no tienen una entrada oportuna y, por lo tanto, se está aplazando la solución de confiabilidad y afectando la señal de precios en los mercados. Esta situación restringe la competitividad, genera una menor productividad industrial e inhibe la inversión en el sector industrial.

El tema de gas es el más crítico, se tiene estrechez en la oferta de gas, debido al envejecimiento de los campos productores actuales, junto con el incierto desarrollo de puntos nuevos de inyección, ya sean de gas doméstico o puntos de importación.

El transporte de este energético es insuficiente y está mal gestionado en sus modelos de expansión, con señales tarifarias que encarecen el servicio para llevar el gas a la demanda. El efecto en confiabilidad y precio están reflejándose ya en el mercado.



En el sector de energía eléctrica no hay oferta suficiente para que el despacho marginal asegure la eficiencia en la señal económica, por lo tanto, los precios no son competitivos, y no hay competencia suficiente para que la comercialización mayorista sea exitosa.

Esto no permite tampoco optimizar la contratación minorista, aumenta el riesgo de exposición a bolsa de los comercializadores y por tanto de sus usuarios, que es algo que el gobierno está tratando de solucionar, pero con medidas que no van a la raíz del problema sino a sus consecuencias. Sin suficiente expansión de energía firme, es inocuo tratar de manejar los riesgos del mercado en la contratación.

En el consumo de gas de la industria, no hay crecimiento real en los últimos tres años, el crecimiento neto del consumo de gas en este sector es nulo, es decir que alrededor de un 9% en puntos de crecimiento, ya se ha perdido en el país. En este mercado además la demanda actual no tiene abastecimiento contrac-

**“ Se tiene una estrechez cada vez más preocupante en el sector energético entre oferta y demanda y estamos, por tanto, entrando en una crisis energética ya evidente. ”**

tual, es decir, no tiene suministro asegurado para el año 2026 y año 2027. La destrucción de demanda es patente que se desplaza a otros energéticos y a otros países.

La limitada capacidad de generación y de transmisión eléctrica encarece los precios y reduce la disponibilidad del servicio, lo que impacta directamente en la competitividad de la industria nacional. Igualmente, la falta de energía firme afecta el crecimiento, y obliga a las empresas a frenar líneas de producción; a usar energéticos más costosos, o a retrasar proyectos de expansión.

La inversión se ha inhibido porque hay incertidumbre frente a la disponibilidad futura de energía, sea electricidad o gas, esta falta de la inversión perjudica el desarrollo en sectores intensivos en energía, afectando la diversificación de la economía y por supuesto, su productividad, efectividad y eficiencia.

En el sector de gas, actualmente hay un riesgo de sustitución ineficiente, dependencia de importaciones futuras, y un retraso en crecimiento de proyectos industriales. Es claro que la falta de disponibilidad de gas obliga a la industria a recurrir a combustibles más caros y contaminantes como los diferentes tipos de combustibles líquidos y el carbón, elevando no solo los costos de producción, sino el aumento la dependencia futura del gas importado.

Lo anterior, eleva la exposición a la volatilidad de precios internacionales y expone igualmente los riesgos de seguridad energética. Los proyectos de ampliaciones industriales se han congelado o transferido, porque hay incertidumbre en la oferta de gas futura, que

frena cualquier decisión de crecimiento y genera un riesgo en la continuidad de los sectores que dependen de este energético como insumo clave.

La situación se vuelve interdependiente entre sectores, pues no hay gas suficiente para generar en las térmicas en condiciones críticas o se generan restricciones en algunas áreas como el Caribe. Esto fue evidente en la reciente situación de mantenimiento de la regasificadora de Spec. Tampoco es suficiente gas para generar respaldo que garantice la operación óptima efectiva de las fuentes de energía renovables no convencionales (FREN), que además no ha cumplido con los cronogramas de expansión, y cambiando el despacho por tecnologías, y por tanto la utilización de los recursos energéticos tanto en el día como en las estaciones.

La operación del sistema eléctrico ya no es óptima y tenemos problemas de potencia asociados a la insuficiencia de gas para poder asegurar un despacho eléctrico adecuado. Infortunadamente el resultado o la conclusión es realmente preocupante, la energía eléctrica está limitando la productividad y el crecimiento económico de la industria.

## Demanda eléctrica

En términos de demanda, esta crece en el sector eléctrico vegetativamente, y en algunas áreas como en la costa caribe, su evolución es muy volátil e impredecible, variabilidad asociada al comportamiento climático. Se puede afirmar que el crecimiento en este subsector ha sido impulsado solamente por la demanda regulada, mientras el crecimiento en la demanda no regulada se debilita.

En general en el sector industrial y comercial, el crecimiento está enmascarado entre la autogeneración, única solución viable que la demanda ve para satisfacer sus necesidades, y la imposibilidad de aumentos estructurales de nuevas cargas.

Los escenarios de crecimiento y abastecimiento eléctrico no contemplan la presión proveniente de un de-

sarrollo real de la demanda de energía orgánica y de la demanda adicional proveniente de la presión de la sustitución posible derivada por la escasez de gas.

## Confiabilidad eléctrica

En la confiabilidad eléctrica es evidente el incumplimiento en cronogramas, y es lógico que el ingreso de capacidad adicional es insuficiente. El no crecimiento de la oferta al ritmo esperado ha venido reduciendo el margen de respaldo y el balance del sistema está inestable y sin reserva.

Financieramente se han flexibilizado las garantías, no se exige el cubrimiento en la bolsa de los compromisos de energía, se afecta el despacho por el respaldo, y se relaja la exigencia de la operatividad de las plantas según su tecnología.

**“La limitada capacidad de generación y de transmisión eléctrica encarece los precios y reduce la disponibilidad del servicio.”**

Operativamente, la exigencia de la obligación de energía firme es gaseoso, la expectativa de Obligaciones de Energía Firme (OEF) no es plena, y no se castigan las desviaciones sobre la programación eficiente esperada. Todo esto hace que se distorsione la señal de precios en el spot, con intervenciones parciales regulatorias que han multiplicado la señal de precios de escasez, afectando no solamente la expansión sino la contratación estable a largo plazo.

## Planeación y transmisión

Es patente también la descoordinación en la planeación, y en esta no está acoplada la confiabilidad en generación con la expansión en la transmisión, y no se garantiza energía firme a los usuarios. El resultado



es que no se ha habilitado la generación y transmisión suficientes para optimizar el portafolio de recursos y tecnologías, que es necesario para cubrir la demanda con precios razonables.

En transmisión hay retrasos en el cumplimiento de las licitaciones en los cronogramas y las fechas de puesta en operación, hay colapso en la respuesta a las solicitudes de conexión de proyectos nuevos, donde hay evidente conflicto entre los promotores y los desarrolladores.

La falla en la expansión de redes y de renovables ha incrementado las restricciones, incumpliendo la promesa de eliminarlas. En las redes de transmisión hay una operación extrema en las condiciones técnicas, limitaciones al crecimiento de la oferta, pero también de la demanda. Hay una inviabilidad total de aumento de disponibilidad de cargas adicionales o nuevas.

Finalmente se desestabiliza la liquidez del sistema porque se liberan obligaciones a las empresas intervenidas como una solución facilista que no cambia estructuralmente los problemas del servicio. Se manipula la regulación y se debilita la institucionalidad.

## Demanda de gas natural

La demanda de gas viene limitando su crecimiento por falta de oferta plena y sostenible, y se puede decir que se consume lo máximo que se oferta, y solamente con cantidades parciales de gas importado desde el año 2024, se está logrando atender otras demandas que no sean las térmicas, entendiendo que la regasificado-



ra de Spec se construyó para confiabilidad eléctrica y para respaldar la generación térmica de las plantas de la Costa. Para el año 2026 y 2027 no se podrá cubrir las demandas de gas con las cantidades disponibles ni siquiera con la regasificadora de actual.

**“ El no crecimiento de la oferta al ritmo esperado ha venido reduciendo el margen de respaldo y el balance del sistema está inestable y sin reserva. ”**

La oferta de contratos está restringida en el tiempo, en volumen, y en cobertura de riesgo. Aún con la entrada de proyectos de importación que actualmente se están promoviendo, es incierto el abastecimiento de la demanda de gas, pues la contratación es condicionada a su disponibilidad real. Es posible que varios proyectos no lleguen oportunamente para evitar la pérdida parcial de usuarios en este sector no regulado mal llamado no esencial.

La reducción en la oferta de gas junto con los altos precios, hará que la industria opte por sustitutos más contaminantes, actualmente ya se tienen arreglos para que muchas de las industrias utilicen como sustitutos los combustibles líquidos, algunas están recurriendo a

sus calderas antiguas de carbón, y otras están evaluando cómo pasarse a otros energéticos no tan limpios como el gas.

Al restringir la comercialización a nuevos contratos bajo la definición de demanda no esencial, se da la señal e incentivo para que diferentes empresas prefieran salir del país, afectando a la economía y la generación de empleo.

## Transporte de gas natural

En términos de transporte de gas, hay una eficiencia en el uso y la utilización óptima del Sistema Nacional de Transporte (SNT), donde también tenemos cuellos de botella en algunos sectores de transporte de gas.

Claramente no tenemos la suficiente infraestructura ni para la importación de gas, ni para hacer la transferencia entre los dos mercados, el de la costa y el del interior: el esquema actual tarifario no genera los incentivos correctos, y en la costa el transporte tiene una contratación del 97% pero los eventos de optimización han demostrado que se deben liberar las capacidades y redistribuirse.

Es claro que el esquema de remuneración debe ajustarse, aplicándose por demanda plena y con cargo único nacional.

## Reflexiones

El resultado es que los usuarios están solos, especialmente los no regulados, puntualmente los industriales, porque los han dejado aislados y enfrentando los problemas de confiabilidad y de precios.

Para sobrevivir y que se pueda actuar en el corto plazo y el sector sea factible, se requiere un sistema más flexible en términos de comercialización, más robusto y neutro en términos de transporte, y se deben exigir acciones inmediatas y estructurales para que algunos de los proyectos de regasificación y de conexión y transporte logren entrar a tiempo.

Aunque sea incómodo de escuchar, se requiere un control de precios del gas doméstico para que no haya abuso en el periodo de desabastecimiento y desequilibrio en el mercado. Hay que acelerar la ejecución de los proyectos conocidos como IPAT y se debe unificar el esquema de expansión de la infraestructura de transporte, asegurando que entren en las fechas previstas.

Es necesario lograr un acceso equitativo a las fuentes y al transporte, se requiere así una mayor transparencia y una coordinación entre el gobierno, los transportadores, y los usuarios. Reducir el riesgo de desabastecimiento, exige innegablemente una optimización operativa, una unificación de planeamiento, y una asignación de expansiones y proyectos de manera centralizada y controlada.

**“ Aún con la entrada de proyectos de importación que actualmente se están promoviendo, es incierto el abastecimiento de demanda de gas, pues la contratación es condicionada a su disponibilidad real. ”**

## Propuestas

La propuesta de la demanda finalmente es exigir y lograr el cumplimiento de las inversiones; de una operación eficiente; de las responsabilidades de las instituciones en términos de regulación, planeamiento, y control; en términos de la aplicación de tarifas adecuadas; en los períodos tarifarios y en la salud financiera de todos los elementos de los mercados tanto electricidad como gas.

Los planteamientos para llevar esto a cabo pasan por asegurar que haya costos eficientes en energía, a través de un mercado spot con costos marginales sujeto a



una reserva suficiente futura; una asignación de restricciones a los agentes que las causen; a una participación de los usuarios directamente en los mercados de manera permanente; una ejecución de garantías cuando haya incumplimiento, y en general un apoyo incondicional a la autogeneración de todo tipo, para que se pueda complementar y suministro energético con la propia generación.

Desde el punto de vista regulatorio, es necesario hacer reconocimiento de las inversiones solo cuando entran en operación los activos y proyectos, se deben remunerar los atributos que se exigen en calidad y menores pérdidas con eficiencia, siempre y cuando se cumplan las metas.

El ingreso debe ser posterior a haber asegurado su cumplimiento, y es absolutamente indispensable aplicar estrictamente los períodos tarifarios y de los componentes de los costos en las tarifas.

Acoplando los períodos en los cargos tarifarios con las metodologías y sus componentes, se debe finalmente unificar los criterios de confiabilidad en electricidad y gas natural; y debe haber un control de procesos hasta tanto no haya expansión suficiente para asegurar que los precios sean competitivos.

Sin estos atributos de la energía, la industria no mejorará su productividad, no será competitiva, y seguirá estando limitada para aportar al crecimiento, la generación de empleo y la competitividad real. 

Sandra Stella Fonseca\* Ingeniera Eléctrica, Máster en energía y MBA en negocios industriales en University of Sheffield.



# ENERCOL

43<sup>a</sup> Conferencia Energética Colombiana

Organiza:



Julio 16 y 17 · Pereira · Colombia



**Contáctanos:**

✉ [comercial@aciem.co](mailto:comercial@aciem.co)

📞 (+57) 310 816 27 66

🌐 [enercol.com.co](http://enercol.com.co)

# Dilemas del sector energético global e implicaciones para Colombia

POR: RODOLFO GUZMÁN\*

**E**l sector de energía global vive un reacomodo caracterizado por un mayor énfasis de la seguridad energética, en detrimento de los avances hacia las metas de descarbonización. Esta tendencia se ha acentuado por las tensiones entre las grandes potencias, guerras arancelarias y las disruptivas a las cadenas de suministro.

Aunque las energías limpias mantienen su ímpetu, los combustibles fósiles siguen siendo esenciales para suplir la creciente demanda global de energía. La demanda de petróleo se resiste a comenzar su declive, mientras que el GNL mantiene su auge. Por otro lado, se habla de un renacer de la energía nuclear, mientras que tecnologías como el hidrógeno y la captura de carbono no han logrado los avances que prometían.

El resultado es un escenario de transición energética rezagada. Para Colombia, el reto es cómo aprovechar su potencial de energías renovables para complementar su matriz energética.

**“La decisión de Trump de retirarse de los Acuerdos Climáticos de París, han dejado espacio para que China emerja como potencia que podría liderar la nueva agenda ambiental a nivel global.”**



## Políticas de EE. UU y el nuevo contexto geopolítico global

Con el regreso de Trump a la presidencia, Estados Unidos ha dado un giro significativo en su política energética y comercial. Los estímulos a la producción petrolera y minera, y la reducción de incentivos a las energías limpias, son algunos de los ejes del actual gobierno que también muestra una posición favorable frente a la energía nuclear.

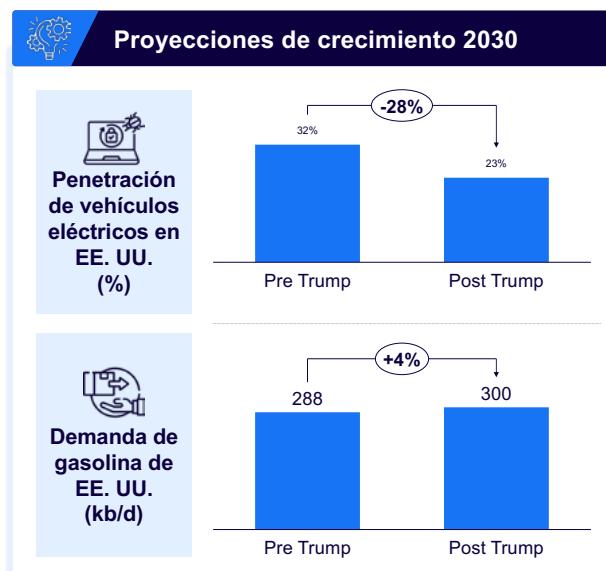
La visión de Trump bajo el slogan del “MAGA” se centra en tres grandes principios: priorizar los intereses de Estados Unidos, desregulación e industrialización. Sin embargo, la volatilidad e incertidumbre creada por los cambios frecuentes de políticas económicas y comerciales se han convertido en la nueva normalidad.

En julio de 2025, la OBBBA (“One Big Beautiful Bill Act”) se convirtió en ley. El proyecto restringe los incentivos a las energías limpias con mayores exigencias de contenido nacional, límites a la participación

de entidades extranjeras y plazos de elegibilidad más cortos, mientras se eliminan los créditos tributarios para vehículos eléctricos.

En paralelo, la administración republicana busca eliminar las normas de eficiencia energética y emisiones vehiculares, citando altos costos para los fabricantes del sector automotriz y consumidores.

En líneas generales, Trump ha dado un viraje de política energética, rechazando la agenda del Green New Deal y la transición acelerada hacia la energía limpia que había impulsado el gobierno de Biden. Acciones como la congelación de US\$ 5.000 millones para estaciones de carga, bajo el Programa Nacional de Infraestructura de Vehículos Eléctricos, frenarán el crecimiento de la movilidad eléctrica.



Fuente: Wood Mackenzie, Nasdaq, Reuters, análisis de Arthur D. Little

Por otro lado, se han acelerado los permisos para el desarrollo de proyectos de exportación de GNL, lo que ayudará a consolidar a Estados Unidos como un proveedor líder de gas, apalancando la competitividad de sus cuencas de yacimientos no convencionales. No obstante, el elevado número de proyectos que se han anunciado en la Costa del Golfo, también entraña el riesgo de una caída de los precios internacionales del GNL.

**“Para Colombia, el reto es cómo aprovechar su potencial de energías renovables para complementar su matriz energética.”**

En el ámbito comercial, el gobierno ha utilizado los aranceles como herramienta política de negociación. Esto ha generado incertidumbre entre sus socios comerciales y ha derivado en aranceles de represalia. Los impactos se reflejan en un mayor nivel de incertidumbre sobre el crecimiento económico a nivel global.

En el frente internacional, Trump ha reducido el apoyo militar directo a Ucrania, mientras aumenta la presión económica y diplomática sobre Rusia, para intentar forzar un tratado de paz que luce cada vez más elusivo.

Washington y Kiev firmaron un acuerdo de minerales y seguridad, y EE. UU. ofreció a Ucrania respaldo económico de largo plazo y ha ejercido presión sobre países como la India, que son compradores de petróleo ruso. Haciendo caso omiso a las sanciones impuestas por Trump, Moscú ha intensificado sus ataques sobre Ucrania.

En su primer viaje internacional, Trump visitó Arabia Saudita, Qatar y Emiratos Árabes Unidos para reforzar vínculos y cerrar acuerdos comerciales con sus aliados en la región. Los republicanos también han mostrado un apoyo incondicional a Israel y Trump facilitó los acuerdos para el cese al fuego en Gaza.

Tras los ataques a instalaciones nucleares iraníes, Washington anunció medidas para interrumpir la cadena de suministro del petróleo iraní y advirtió de sanciones a terceros que comercien con ese país.

Luego de una intensificación de la guerra arancelaria con China que llevó a Pekín a imponer aranceles a los hidrocarburos estadounidenses, así como mayores restricciones para la exportación de tierras raras,

Trump y Xi Jinping acordaron una tregua que, al menos temporalmente, tiende a normalizar las relaciones comerciales entre las dos potencias.

En Latinoamérica, Trump se ha enfocado en acciones militares para combatir el narcotráfico, lo que ha llevado a un significativo despliegue de buques de guerra en el Caribe y una intensificación de la presión sobre el régimen de Maduro en Venezuela. Sin embargo, Washington restauró en julio la licencia para que Chevron reiniciara operaciones en Venezuela bajo condiciones estrictas.

## Tendencias energéticas globales

La agenda para la acción global contra el cambio climático ha perdido ímpetu debido a las preocupaciones de seguridad energética de muchas naciones y la nueva postura energética de Estados Unidos. La decisión de Trump de retirarse de los Acuerdos Climáticos de París, han dejado espacio para que China emerja como la potencia que podría liderar la nueva agenda ambiental a nivel global.

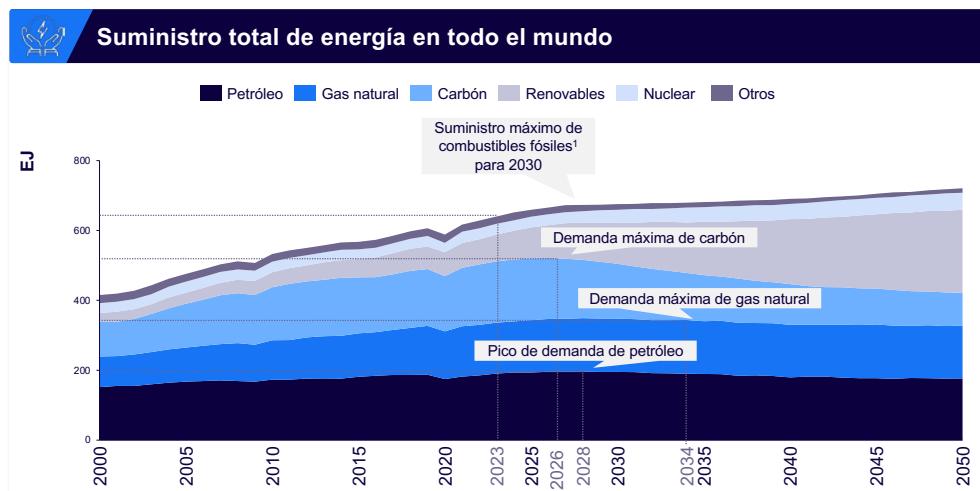
En este contexto, las proyecciones recientes y el nuevo ciclo de políticas energéticas indican que la demanda global de hidrocarburos será más fuerte de lo que se

anticipa por un período más prolongado, con una trayectoria de precios muy sensible al ritmo de la transición, por lo que ahora se predice que el año del *peak oil demand* será posterior al 2030, y con un rezago de varios años para el *peak gas demand*.

Las compañías petroleras globales están reaccionando a estos cambios de entorno con ajustes en sus modelos de negocio. Frente a la transición energética, se observaban tres arquetipos para los principales actores del sector de Oil & Gas: (1) transformación con inversiones relevantes en gas y renovables; (2) diversificación de la cartera manteniendo hidrocarburos y sumando proyectos limpios; (3) enfoque en crudo con apuestas limitadas de descarbonización.

Las políticas de Trump han llevado a algunos actores petroleros a replantear sus modelos de negocio, dándole un renovado énfasis a proyectos de hidrocarburos. En línea con esto, muchos bancos y fondos de inversión también se han retirado de las alianzas climáticas.

No obstante, las tendencias de electrificación continúan avanzando en el mundo, y pese a la pérdida de incentivos en algunos mercados, las energías solar y eólica ya han logrado importantes ventajas competiti-



Nota: EPS: Escenario de política establecido; SPA: Escenario de promesas anunciadas; NZS: Escenario de cero emisiones netas; 1) Considera el petróleo, el gas natural y el carbón.

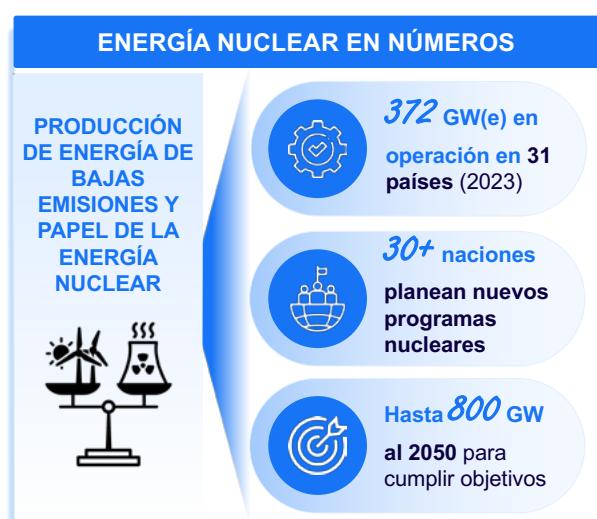
Fuente: AIE, análisis de Arthur D. Little

vas, gracias a la masificación de sus cadenas de suministro; en conjunto ya representan más del 15% de la matriz de generación eléctrica a nivel global.

El crecimiento de los centros de datos, impulsado por la IA, está provocando una creciente necesidad de fuentes de energía limpia. Se espera que la demanda global de energía asociada a centros de datos se podría triplicar para el año 2035.

La búsqueda de opciones de suministro en firme de energía limpia, está generando un despertar del interés por la energía nuclear en diversas regiones, y en particular en los Estados Unidos donde se está favoreciendo una agenda pro-nuclear.

En particular, existen muchas expectativas sobre los nuevos prototipos de reactores modulares de pequeña escala conocidos como SMR (“Small Modular Reactors”) por sus siglas en inglés. El despliegue de los nuevos diseños de SMR avanzará en varios mercados, impulsado por los avances tecnológicos, mejores estándares de seguridad, y la competitividad de sus costos, frente a otras opciones de energías limpias.



*LNPP: Grandes centrales nucleares*

*Fuente: Arthur D Little, Asociación Nuclear Mundial*

Por su parte, el hidrógeno aún presenta un inmenso potencial para una serie de aplicaciones, pero las proyecciones optimistas de años anteriores se han desinflado, debido a los desafíos de costos elevados para estos desarrollos, que han llevado a la cancelación de un gran número de proyectos en distintas regiones.

## Implicaciones para Colombia

Un contexto geopolítico complejo, con un mayor énfasis en la seguridad energética, ha ralentizado la velocidad de la transición energética en el mundo, pero la necesidad para la descarbonización del planeta continúa siendo una necesidad imperiosa.

Colombia cuenta con una matriz energética diversa que además de una gran riqueza en energía hídrica, incluye también un gran potencial para la generación eólica y solar. Estos recursos contribuirán de manera importante al avance en las metas nacionales de transición energética. Sin embargo, para garantizar su desarrollo económico, el país seguirá dependiendo por algunas décadas de sus recursos petroleros.

Por ello, es fundamental reforzar el clima de inversiones para atraer el capital requerido para fortalecer la infraestructura del sector energético, y que permita entre otras cosas, asegurar el abastecimiento de gas natural al mercado, mejorar la calidad de los combustibles, y modernizar las redes de transmisión eléctrica, mientras se impulsan los nuevos desarrollos de energías renovables no convencionales.

Para lograr estos objetivos, es indispensable contar con certeza regulatoria y un fuerte apoyo institucional, que permita acelerar los proyectos prioritarios para la seguridad del suministro energético.

Aunque la tensión desarrollo-descarbonización es inevitable, la respuesta ganadora para Colombia debe ser pragmática: sostener inversiones competitivas en hidrocarburos, mientras acelera renovables firmes y soluciones de flexibilidad. 

\*Rodolfo Guzmán. Ingeniero Mecánico, Universidad Simón Bolívar, Maestría en Administración de Empresas en The Wharton School y Socio Director para Latinoamérica de Arthur D. Little.

# 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) en la ciudad de Bogotá.

**L**a 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.

Un aspecto clave del futuro del espectro, será el impulso a las nuevas generaciones de redes como 5G y 6G, donde el despliegue de 5G y la preparación para 6G (IMT-2030) son cruciales para habilitar experiencias inmersivas, mayor cobertura y nuevas aplicaciones como la IA y el IoT a gran escala.

De otra parte, la industria requerirá cada vez más, bandas específicas con alta capacidad, baja latencia y seguridad, definiendo el espectro para casos de uso como la manufactura inteligente.

En relación con los modelos de gestión innovadores, se fortalecerá la asignación dinámica y compartición, donde modelos como el espectro compartido y las licencias no licenciadas (Ej. para interiores en banda 6 GHz) maximizarán el uso de este recurso escaso. Paralelamente, las tecnologías como Software-Defined Radio (SDR) y las redes virtualizadas permitirán redes más flexibles, inteligentes y seguras, adaptándose a diferentes necesidades.

En cuanto a la inclusión y reducción de la brecha digital, los gobiernos vienen trabajando en promover un espectro más asequible, es decir, con precios razonables en las subastas, tal como se dio con la banda de 3.5 GHz en Colombia, con el fin de facilitar el despliegue de redes y servicios, que permita llevar mayor conectividad a zonas remotas en diversos lugares del mundo, por lo que las nuevas dinámicas del espectro deben empoderar a las comunidades y promover la expansión rural, cerrando cada vez más las brechas digitales.

Sobre los nuevos ecosistemas de conectividad, hay dos aspectos clave a trabajar en relación con el espectro: por un lado, la fusión de tecnologías con el fin de lograr una convergencia entre las redes terrestres y las redes satelitales para lograr una cobertura ubicua. De otra parte, determinar los sectores clave, puesto que el espectro es vital para la energía, transporte, salud, seguridad pública y economía circular, entre otros, lo cual permite contar con sistemas seguros y eficientes.

Así mismo, desde el punto de gobernanza y cooperación global, es indiscutible la necesidad de fortalecer las políticas públicas y estrategias de cada Gobierno para que se adapten a la rápida evolución tecnológica y desarrollar un trabajo conjunto entre gobiernos, operadores y organismos de estandarización para definir el futuro del espectro.



En el marco del XV Congreso Internacional de Espectro 2025, el Ing. Daniel, ex Ministro de las TIC y miembro de la Junta Directiva de ACIEM, moderó el panel: *Más allá de la tierra: el espectro en la nueva economía del espacio*, con representantes de Viasat, SES y GSOA.

Parte estas temáticas, fueron parte del debate acerca de los retos y desafíos del espectro, los cuales se plasmaron en 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.



Sergio Sotomayor. Director. Agencia Nacional del Espectro (ANE)

### ANE: avanzar con flexibilidad, innovación y colaboración

*“Para tener avances reales y concretos en los próximos años en materia de espectro, Colombia debe revisar el marco legal e incluso constitucional para flexibilizar la gestión del uso del espectro y permitir, por ejemplo, que el mercado secundario decida cuál debe ser el mejor uso que se le puede dar”*: así lo señaló Sergio Sotomayor Rodríguez, Director de la ANE durante el XV Congreso Internacional de Espectro.

En su opinión, los rápidos desarrollos tecnológicos están acelerando la necesidad de evolucionar a sistemas tecnológicos que acceden de manera dinámica al espectro, lo cual obligará a que existan mecanismos de gestión, de valoración de espectro y de otorgamiento de permisos mucho más flexibles frente a lo que hoy existen en el país y en muchos lugares del mundo.

*“Desde hace varios años ha existido el debate sobre el costo elevado del espectro que se utiliza para los enlaces usados punto a punto y que sirven de soporte para las redes móviles y de transmisión en zonas apartadas e inclusive a nivel nacional y este es el momento de empezar una discusión de fondo”:* enfatizó Sergio Sotomayor.

El funcionario gubernamental destacó que, en las próximas semanas, la ANE con el acompañamiento de la Dirección de Industria del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, promoverá una socialización con los actores del sector, con el objeto de proponer modificaciones a los mecanismos de fórmula utilizados actualmente, para hacer una disminución del valor de espectro que le permita al país acercarse a la media regional.

*“Aunque el espectro IMT se ha asignado para permisos a nivel nacional, el objetivo es aprovecharlo al contar con nuevos actores en las zonas del país donde no se está utilizando”:* concluyó el Director General de la ANE.

En la compartición de espectro, se ha planteado establecer un trabajo coordinado entre el operador satelital y el terrestre, lo cual se podría traducir en un 100% de cobertura territorial para algunos de los servicios que se están anunciando como comunicaciones de emergencia y mensajes de texto.



### Espectro, oportunidades para la Ingeniería

En el futuro de la planeación y gestión del espectro en las próximas décadas, la Ingeniería tendrá un papel fundamental. Para Carlos Arturo Cárdenas, Presidente Nacional ACIEM: *“El espectro abre un inmenso campo de oportunidades para los Ingenieros colombianos y para la innovación, como protocolos, diseño, analítica de datos y ciberseguridad, entre otras, lo que permite nuevas áreas de conocimiento y desarrollo profesional”.*

Carlos Arturo Cárdenas.  
Presidente Nacional ACIEM

Y destacó la manera como para las micro, pequeñas y medianas empresas (Mipymes), el acceso a redes privadas, internet de las cosas y diferentes soluciones digitales representan una oportunidad histórica para competir en mercados de prestación de servicios profesionales a nivel nacional e internacional dentro de la economía digital.

ACIEM destacó que las Mipymes de Ingeniería nacionales deben ser protagonistas en este camino de definir, construir y fortalecer el nuevo esquema de la gestión del espectro.

*“El futuro del espectro no depende de un solo actor. Es una construcción colectiva que involucra a los Ingenieros, que aportamos la visión técnica, la innovación y la ética profesional; a la academia, que debe formar talento humano con competencias digitales y visión global; la industria, que debe invertir en innovación, redes y modelos de negocio sostenibles”:* enfatizó Carlos Arturo Cárdenas. 

# Conectividad más allá de la tierra: satélites geoestacionarios, comunicaciones en la luna, 6G y reto global hacia 2031

POR: OSCAR LEÓN SUÁREZ\*

**L**a conectividad del futuro no dependerá de quién posea una red o un satélite, sino de la capacidad de los Estados para gestionar ecosistemas híbridos donde GEO, LEO, MEO, HAPS, 6G y comunicaciones lunares funcionen como una sola infraestructura crítica. La soberanía digital dejará de ser hardware para convertirse en regulación convergente, cooperación regional y talento técnico capaz de integrar tierra, espacio y luna en un mismo sistema al servicio del desarrollo humano.

Esta convergencia marca un punto de inflexión: la conectividad deja de ser infraestructura nacional, para convertirse en plataforma planetaria, cuyo éxito dependerá de instituciones fuertes; planificación espectral con visión de futuro y la formación de Ingenieros capaces de diseñar redes que superen los límites terrestres.

La próxima década marcará una transformación sin precedentes en la conectividad global. Por primera vez, el ecosistema digital no se limita a redes terrestres o satelitales tradicionales: avanza hacia aplicaciones lunares, tecnologías en órbitas no geoestacionarias y la convergencia con la sexta generación móvil (IMT-2030/6G).

Este cambio tecnológico crea oportunidades de desarrollo económico y social, pero también exige una gobernanza más sólida, cooperación internacional y políticas de espectro más convergentes.



Esta evolución implica fortalecer capacidades técnicas, planificar a largo plazo y asegurar que la transformación digital llegue a todos, desde grandes urbes hasta comunidades rurales, indígenas y pequeñas islas del Caribe.

## El nuevo rol de los satélites GEO frente a LEO/MEO

El nuevo paradigma espacial, redefine el papel de los satélites geoestacionarios (GEO). Históricamente, los GEO han sido la columna vertebral de las telecomunicaciones, garantizando servicios de radiodifusión, interconexión internacional y conectividad en zonas remotas. Hoy conviven con sistemas satelitales en órbitas bajas y medias (LEO/MEO), que ofrecen baja latencia y despliegues acelerados, impulsados además por aplicaciones de internet masivo, inteligencia artificial (IA) y servicios críticos.



Esta coexistencia no representa una sustitución, sino una diversificación tecnológica: los satélites GEO siguen siendo esenciales para cobertura estable, redes gubernamentales y seguridad nacional; y las constelaciones NGSO amplían las alternativas de conectividad, incluyendo el Internet de las Cosas (IoT) de baja latencia. La prioridad ya no es la órbita, sino la interoperabilidad entre ellas.

## Perspectiva técnica

Desde el punto de vista de Ingeniería, la interoperabilidad GEO-LEO-MEO implica desafíos en handover inter-órbita, sincronización y mitigación de interferencias en bandas como Ku, Ka y Q/V. Tecnologías como enlaces ópticos intersatelitales (ISL), beamforming avanzado y gateways virtualizados, permitirán la optimización del tráfico en redes multi órbitas, creando redes híbridas que se integran con redes terrestres y móviles 5G-Advanced y 6G.

Esto traerá nuevos modelos de calidad de servicio, network slicing satelital, priorización para servicios críticos y gestión dinámica de espectro asistida con IA.

## Tendencia global: soberanía satelital sin operar satélites

Se observa una tendencia creciente a la externalización o transferencia de capacidades satelitales geoestacionarias, desde administraciones estatales, hacia operadores comerciales o asociaciones público-privadas.

Muchos países han dejado de operar directamente satélites, trasladando su gestión a consorcios internacionales o empresas privadas. Esto no implica renunciar a la soberanía satelital: los Estados mantienen control estratégico sobre el uso del espectro, las posiciones orbitales y los servicios estratégicos, mientras el sector privado asume la operación comercial y la modernización tecnológica.

La soberanía ya no depende de poseer un satélite, sino de regular su uso, garantizar interoperabilidad y orientar la infraestructura hacia el interés público. Esto exige Estados más fuertes a nivel regulatorio y técnico.

*“Históricamente, los GEO han sido columna vertebral de las telecomunicaciones, garantizando servicios de radiodifusión, interconexión internacional y conectividad en zonas remotas.”*

## Perspectiva técnica

Este modelo requiere fortalecer capacidades en coordinación orbital ante equipos como el Radio Regulations Board (RRB) y el Bureau de Radiocomunicaciones (BR) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

Los países deberán dominar simulaciones de interferencia multiórbita; predicción de congestión en bandas altas; coordinación con constelaciones masivas y validación de cumplimiento de ITU-R S.1503, S.1323 e IMT-2030 NTN.

La Ingeniería satelital nacional deberá orientarse a planificación espectral, monitoreo, verificación de cumplimiento y diseño de modelos para definir tarifas por explotación orbital-espectral asociados al costo-beneficio de explotación orbital.

## Comunicaciones lunares y 6G: el siguiente paso

Más allá de la órbita terrestre, las radiocomunicaciones lunares emergen como una nueva frontera. Misiones espaciales; navegación; exploración; seguridad; explotación sostenible de recursos naturales en la luna, robótica y redes de comunicación lunar, requieren bandas específicas y estándares internacionales para evitar interferencias.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) estudia bandas para enlaces lunares y sistemas interplanetarios; paralelamente, la evolución de IMT-2030/6G incorpora redes híbridas espacio-tierra, IA nativa y comunicaciones ultra-confiables con sensores distribuidos. A diferencia de generaciones anteriores, 6G no será solo terrestre: dependerá de satélites, plataformas estratosféricas (HAPS) y redes espaciales.



### Perspectiva técnica

La interoperabilidad lunar-terrestre requerirá asignación de frecuencias para enlaces lunares, con requisitos más estrictos de redes tolerantes a retrasos (Delay-Tolerant Networking - DTN) y estándares CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems).

El despliegue 6G implicará comunicaciones THz, redes determinísticas, asignación dinámica por IA y soporte de redes no terrestres (NTN - Non Terrestrial Networks) nativo, lo cual exige nuevos algoritmos

para mitigación de desvanecimiento, direccionamiento inteligente de haces satelitales y slicing espacial, donde partes de la red móvil serán operadas en el espacio.

Por lo tanto, las Ingenierías en telecomunicaciones deberán migrar hacia simulación de redes espacio-tierra, modelado en tiempo real y seguridad cuántica para enlaces críticos.

### CITEL y las Propuestas Interamericanas (IAP)

En este escenario, la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (WTDC-25) y la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (WRC-27) representan procesos distintos pero complementarios dentro de la UIT.

La WTDC aborda cooperación, desarrollo digital y creación de capacidades; la WRC establece normas y distribución de espectro y servicios satelitales. Sus resultados no dependen uno del otro, pero sí convergen en fortalecer el ecosistema digital y de radiocomunicaciones.

En este marco, los países de la región participan mediante posiciones comunes denominadas Propuestas Interamericanas (IAP). Estas posiciones son preparadas, presentadas y defendidas internacionalmente por la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones de la Organización de los Estados Americanos (CITEL/OEA) en nombre de sus Estados Miembros, asegurando que las necesidades de las Américas sean consideradas durante los tratados, acuerdos globales y nuevos marcos regulatorios de la UIT.

### El aporte de las IAP a la década 2025-2031

Las 20 Propuestas Interamericanas (IAP) acordadas para la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (WTDC-25) consolidan una visión regional que integra inclusión digital, infraestructura resiliente y fortalecimiento institucional.



En inclusión, destacan la protección infantil (IAP-1); el empoderamiento de mujeres (IAP-8) y la capacitación de jóvenes y comunidades vulnerables (IAP-16 e IAP-20), promoviendo conectividad significativa, basada en habilidades, seguridad y oportunidades económicas.

En competitividad, sobresalen acciones para infraestructura satelital y espectro (IAP-3, IAP-4, IAP-13); uso de IA para políticas públicas (IAP-12) y modernización estadística para inversión (IAP-6, IAP-7). Finalmente, el eje institucional fortalece gobernanza, financiamiento y cooperación en ciberseguridad (IAP-9, IAP-10, IAP-15, IAP-17, IAP-18, IAP-19).

En conjunto, estas propuestas impulsan una agenda donde la digitalización es desarrollo humano, competitividad económica y seguridad institucional en una región que transita hacia constelaciones satelitales, 6G y conectividad fuera de la Tierra.

## Perspectiva técnica

Desde el enfoque de Ingeniería, varias IAP enfatizan la necesidad de sistemas cuantificables, interoperables y basados en datos avanzados. La modernización estadística (IAP-6, IAP-7) requiere automatización, modelos predictivos y analítica aplicada a brecha digital, generando indicadores normalizados que incorporen oferta, demanda, latencia, asequibilidad y uso real.

Las propuestas sobre espectro y satélites (IAP-3, IAP-4, IAP-13) demandan planificación y coexistencia GEO-LEO-MEO-HAPS, redes IMT-2030 (6G) entre todas las demás tecnologías existentes, con técnicas en propagación para bandas Ka, Q/V y THz, mitigación de interferencias, modelado espectral con IA y estándares ITU-R y CCSDS.

Las IAP orientadas a formación y seguridad (IAP-1, IAP-8, IAP-16, IAP-20, IAP-19) requieren talento en criptografía post-cuántica, IA responsable, resiliencia de redes satelitales y comunicación determinística.

La Ingeniería regional deberá avanzar hacia modelado matemático, planificación espectral, interoperabilidad y seguridad avanzada, para sostener redes que integrarán tierra, espacio cercano y aplicaciones lunares.

## Conclusión

La próxima década exige que los Estados refuerzen sus capacidades en planificación espectral; gobernanza digital; seguridad; interoperabilidad tecnológica; comunicaciones híbridas y uso responsable de inteligencia artificial.

La conectividad deberá sostener servicios críticos como educación, salud, gestión ambiental, seguridad y productividad. La cooperación regional es clave para que cada país participe con igualdad técnica, económica y regulatoria en un mercado global altamente competitivo.

Más allá de la Tierra, la conectividad será un derecho habilitante para el desarrollo humano. Su éxito dependerá de la capacidad de los Estados para cooperar, fortalecer sus instituciones y regular con visión de futuro, asegurando que la tecnología esté al servicio de las personas y de una economía digital inclusiva, productiva y sostenible para todos los habitantes de las Américas. ▲

\*Oscar León Suárez. Ingeniero Electrónico, Pontificia Universidad Javeriana; posgrado en Gestión de Proyectos de Telecomunicaciones y Máster en Administración de Empresas. Actualmente, Secretario Ejecutivo de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL/OEA).

# El espectro radioeléctrico en Colombia: del recurso invisible al motor de la equidad digital

POR: ACIEM CAPÍTULO ATLÁNTICO\*

**E**l espectro radioeléctrico constituye un recurso invisible, pero esencial para la vida cotidiana y el desarrollo digital. En Colombia, la Agencia Nacional del Espectro (ANE) lidera su gestión, buscando eficiencia, transparencia y equidad.

Este artículo examina la situación actual del espectro en el país, identificando el problema del déficit frente a estándares internacionales, el objetivo de convertirlo en un motor de inclusión digital, y la metodología documental basada en revisión de fuentes técnicas y regulatorias.

## El espectro: un recurso invisible, un impacto visible

Aunque no se percibe, el espectro radioeléctrico está en el corazón de nuestra vida cotidiana.

- Es el canal que permite que un niño en La Guajira reciba clases por internet.
- Es la vía por la que un médico en Bogotá atiende en tiempo real a un paciente en el Chocó.
- Es la herramienta que conecta a comunidades campesinas con mercados digitales para vender sus productos.
- El caso más reciente presentado en el XV Congreso de Espectro donde la empresa METRO de Bogotá resaltó que la planificación de ciudades inteligentes depende de estructuras digitales robustas, interoperabilidad IoT y comunicaciones resilientes, y se destacó que el espectro es una herramienta clave de política pública para movilidad, seguridad y servicios urbanos integrados.



El espectro, como el aire que se respira, es invisible y finito. Por eso su gestión requiere ciencia, técnica y visión de futuro.

## Rol de la ANE

Desde 2009, la Agencia Nacional del Espectro (ANE), ha asumido la tarea de planear, vigilar y proyectar el espectro en Colombia. Sus funciones principales son:

- Elaborar el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CNABF).
- Vigilar la ocupación real con el Sistema Nacional de Monitoreo del Espectro (SNME).
- Coordinar técnicamente los procesos de asignación de espectro que lidera MinTIC.
- Anticipar necesidades futuras, como las bandas para 5G y 6G.

La ANE no solo mide frecuencias: mide oportunidades para cerrar brechas sociales y tecnológicas.

País	Espectro móvil asignado (MHz)	Meta UIT 2025 (MHz)	Déficit (%)
Colombia	393	1200	-67%
México	~750	1200	-38%
Brasil	~850	1200	-29%
Chile	~700	1200	-42%

## Datos de referencia en Colombia y comparaciones regionales

Colombia aún está por debajo de los estándares internacionales en espectro móvil asignado. Los siguientes datos muestran la magnitud del desafío:

Estos datos permiten dimensionar la magnitud de la brecha digital en comparación con otros países de la región.

## Caso de aplicación: 5G con impacto rural

En 2023, Colombia vivió un hito con la subasta 5G. Más allá de recaudar recursos, se diseñó con compromisos de cobertura rural. Los operadores adjudicatarios deben llevar conectividad a más de 1.300 localidades apartadas, incluyendo escuelas, hospitales y comunidades indígenas. Ejemplos de impacto esperado incluyen:

- Escuelas rurales: más de 120.000 estudiantes beneficiados.
- Telemedicina: más de 200 centros de salud rurales conectados.
- Agro inteligente: incrementos proyectados del 10–15% en productividad gracias a IoT.

## Retos estratégicos

Los principales retos estratégicos incluyen:

- Cerrar la brecha internacional: Colombia aún está 60% por debajo del estándar conforme a la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) en espectro móvil disponible.

- Uso eficiente: muchas bandas asignadas siguen subutilizadas; se requieren modelos de compartición dinámica.
- Neutralidad tecnológica: permitir innovación sin restricciones artificiales.
- Protección del espectro: evitar interferencias que afecten seguridad nacional y servicios críticos.
- Espacios de innovación: reservar espectro para universidades, Ingenieros y emprendedores.
- Marco regulatorio cambiante: garantizar estabilidad normativa frente a 5G y 6G.
- Colaboración público-privada: crear sinergias sostenibles.
- Riesgo de concentración de mercado: asegurar competencia justa.

## Visión crítica desde ACIEM

Como gremio nacional de la Ingeniería, ACIEM considera que el espectro es un habilitador de la transformación digital. Nuestra postura es clara: formar Ingenieros en radiofrecuencia, ciberseguridad, IoT y gestión del espectro; proponer estudios técnicos independientes; y promover casos de uso innovadores en ciudades inteligentes, turismo digital, agroindustria conectada y monitoreo ambiental. Si bien el Estado ha avanzado en subastas de espectro, aún persiste el riesgo de que prime el interés recaudatorio sobre el social.

## Conclusión

El espectro es el ‘petróleo invisible’ de la sociedad digital. Pero su valor real se mide en calidad de vida, productividad y equidad social. El reto inmediato para Colombia no es solo ampliar cobertura, sino garantizar calidad, eficiencia y acceso universal al espectro como un derecho digital básico. Desde ACIEM reafirmamos el compromiso de la Ingeniería colombiana en acompañar, innovar y vigilar que este recurso invisible se convierta en la palanca del desarrollo sostenible y competitivo que el país necesita.



\* ACIEM Capítulo Atlántico. Jaime Vélez Zapata. Doctor en Ciencias, Ingeniero Electrónico. Líder Comisión de Electrónica.  
ACIEM Capítulo Atlántico.

# De la energía a la microelectrónica: avances que transforman la Ingeniería en Santander

POR: GABRIEL ORDÓÑEZ PLATA\*

Este artículo presenta los avances recientes de las Ingenierías Eléctrica y Electrónica en Santander, destacando la articulación entre la academia, la empresa y los grupos y centros de investigación. Se abordan los desarrollos en energías renovables, digitalización de sistemas eléctricos, microelectrónica e Inteligencia Artificial (IA), mostrando cómo la región se consolida como un referente nacional en innovación tecnológica y transición energética.

Las universidades santandereanas han fortalecido estructuras curriculares y líneas de investigación, que les han permitido adaptarse a las necesidades de la región y del país.

En el caso de los programas de Ingeniería Eléctrica, las líneas de investigación están enfocadas en la modernización y sostenibilidad de los sistemas eléctricos, e incluyen el análisis y gestión de sistemas de energía, las aplicaciones de electrónica de potencia, la protección de sistemas de potencia, la calidad de la energía, los mercados eléctricos y las temáticas relacionadas con la transición energética.

Estas actividades de formación e investigación han fortalecido la integración de fuentes de energía renovable en los sistemas eléctricos regionales. Las universidades, junto con centros de investigación y empresas del sector, han desarrollado modelos de simulación y control que facilitan la incorporación de sistemas fotovoltaicos, eólicos y de biomasa en las redes locales, considerando los desafíos técnicos de estabilidad, calidad y almacenamiento de energía.



Se destaca el diseño e implementación de prototipos de microrredes híbridas y sistemas de gestión energética para entornos rurales, con el fin de promover el acceso sostenible a la electricidad en comunidades apartadas del departamento.

El enfoque en la transición energética garantiza que la investigación y la innovación se concreten en soluciones aplicables, competitivas y sostenibles, impactando positivamente a la industria y al bienestar social de la región.

Además, los grupos de investigación en sistemas de energía eléctrica han mostrado su compromiso con el desarrollo tecnológico del sector, abordando los retos clásicos de la operación de redes y desarrollando sistemas avanzados de gestión de distribución eléctrica.

Estos buscan optimizar la operación del sistema eléctrico, mediante mediciones en tiempo real, comunicación bidireccional y automatización de subestaciones.

Tales iniciativas fortalecen la confiabilidad del suministro y sientan las bases para la integración de fuentes renovables distribuidas.

Por otra parte, los desafíos de la digitalización, la descentralización y la descarbonización de los sistemas energéticos, se abordan mediante la aplicación del Internet de las Cosas (IoT) en el sector eléctrico, especialmente en la monitorización, control y gestión de redes y microrredes.

**“Se destaca el diseño e implementación de prototipos de microrredes híbridas y sistemas de gestión energética para entornos rurales, para promover el acceso sostenible a electricidad. ”**

Se ha desarrollado una arquitectura IoT para la incorporación de recursos energéticos distribuidos (DERs) en redes de distribución, y se han evaluado algoritmos de control centralizado y descentralizado utilizando esta plataforma para simular la dinámica de los recursos renovables y estimar pérdidas de energía. Estas aplicaciones facilitan la integración de energías renovables y la optimización de la operación de sistemas descentralizados.

En cuanto a la generación fotovoltaica, sobresale la implementación de granjas solares en la zona del Magdalena Medio, región con gran potencial solar. Asimismo, se registra un número creciente de proyectos de autogeneración a pequeña escala en hogares y empresas, según los registros de la Electrificadora de Santander (ESSA).

Este fenómeno refleja una tendencia de expansión de los sistemas solares, tanto a pequeña como a gran escala y también se explora el potencial para el desarro-

llo de comunidades energéticas, orientadas a la autosuficiencia local además de la participación ciudadana en el modelo energético.

La ESSA también adelanta esfuerzos significativos en la ampliación del servicio eléctrico en zonas rurales, con el propósito de electrificar viviendas apartadas y aumentar la cobertura total del departamento. Además, ha formulado planes de inversión para la modernización de redes y la construcción de nuevas subestaciones que mejoren la confiabilidad del suministro, especialmente en el Área Metropolitana de Bucaramanga y el Magdalena Medio.

Finalmente, los programas de posgrado en Ingeniería Eléctrica han contribuido a la formación de talento especializado en modelamiento de sistemas eléctricos, mercados de energía, estabilidad transitoria y planificación de redes.

Este capital humano lidera hoy la innovación en empresas de distribución, transmisión y generación, asegurando que Santander mantenga un papel protagónico en la transformación energética nacional.

Asimismo, el Clúster de Energía de Santander, impulsado por la Cámara de Comercio de Bucaramanga, agrupa empresas de consultoría, desarrollo e Ingeniería.

Su foco se ha desplazado de los servicios tradicionales, hacia los bienes y servicios de la transición energética, especialmente la energía solar fotovoltaica, consolidando a la región como un referente en innovación y eficiencia energética.



Paralelamente, los programas de Ingeniería Electrónica orientan su investigación hacia la microelectrónica; el procesamiento digital de señales e imágenes; la automatización; el control y la robótica, incorporando tendencias como el Internet de las Cosas (IoT) y la IA.

Estas tecnologías se aplican al desarrollo de sistemas de control inteligente y análisis de datos, mediante técnicas computacionales avanzadas y dispositivos electrónicos de última generación. Los programas de posgrado especializaciones, maestrías y doctorados, aseguran la transferencia de conocimiento avanzado a la industria y al sector energético.

La investigación en Ingeniería Electrónica tiene un impacto tangible en la cadena productiva agrícola de Santander. Destaca el desarrollo de sistemas óptico-computacionales que integran automatización, procesamiento de señales e IA.

Un proyecto notable creó una herramienta que utiliza imágenes espectrales para estimar el contenido de carbono orgánico de los suelos agrícolas en minutos, una mejora significativa frente a los largos tiempos de laboratorio. Esta tecnología ha sido transferida a asociaciones campesinas de Simacota.

En alianza con citricultores de la región, también se desarrolló un sistema que emplea IA para clasificar mandarinas y limones, midiendo rasgos como uniformidad del color y tamaño, y generando indicadores trazables que permiten fijar precios con criterios objetivos.

**“En cuanto a la generación fotovoltaica, sobresale la implementación de granjas solares en la zona del Magdalena Medio, región con gran potencial solar.”**



Al eliminar la subjetividad en la negociación y fortalecer los controles de calidad, estos desarrollos demuestran cómo la Ingeniería santandereana se consolida como motor de soluciones prácticas que aumentan la productividad y la confianza en el territorio.

Los aportes también se extienden desde la exploración espacial hasta las aplicaciones en salud. En el ámbito de la radioastronomía y la tecnología satelital, la investigación se centra en el desarrollo de un arreglo interferométrico de radiotelescopios, con el objetivo de establecer una estación de radioastronomía de la UIS en el Páramo de Berlín.

Esta labor ha llevado a investigadores a participar en tres expediciones científicas a la Antártica (2023, 2024 y 2025), realizando mediciones para validar sitios y caracterizar emisiones electromagnéticas. En paralelo, se destacan avances en salud, como la investigación en un páncreas artificial y el desarrollo de un prototipo de glucómetro no invasivo basado en tecnología NIR.

Asimismo, la Universidad Industrial de Santander (UIS) ha consolidado su liderazgo nacional en microelectrónica, impulsando la formación, investigación y transferencia tecnológica en diseño de circuitos integrados.

**“Se destacan avances en salud, como la investigación en un páncreas artificial y el desarrollo de un prototipo de glucómetro no invasivo basado en tecnología NIR. ”**

Entre sus logros sobresalen las líneas de investigación en conversión de datos, aceleradores hardware para IA, gestión de potencia, comunicaciones de alta velocidad y sensores integrados. La UIS ha sido semillero del talento que hoy trabaja en empresas globales como Synopsys, Apple, Infineon, AMD, HCL y NXP, entre otras.

Fruto de esta trayectoria, surgió OnSilicon, la primera y hasta ahora única empresa colombiana que ofrece servicios de diseño de circuitos integrados a nivel internacional.

Actualmente, la universidad desarrolla proyectos con el SLAC National Accelerator Laboratory de la Universidad de Stanford y mantiene vínculos activos con la industria, consolidando a Santander y a la UIS como el núcleo más fuerte y dinámico del país en diseño microelectrónico.

La línea de procesamiento de señales e imágenes cuenta con más de diez años de experiencia en el análisis de señales sísmicas y, en los últimos años, ha extendido su trabajo al ámbito sismológico gracias a su participación en la construcción y puesta en marcha de la Red Sismológica del Nororiente Colombiano (REDNE).

Con esta infraestructura, se han aplicado metodologías avanzadas de inversión de onda completa (FWI) e IA para obtener imágenes más precisas del subsuelo y mejorar la interpretación de los eventos sísmicos registrados en la región.

También se han desarrollado proyectos en el área biomédica, en alianza con la Fundación Cardiovascular de Colombia (FCV), el Hospital Universitario de Santander (HUS) y la Clínica Maternofetal Inutero.

Con el HUS e Inutero se han creado algoritmos de IA para predecir parto prematuro, mediante el análisis automatizado de imágenes de ultrasonido del cuello uterino y con la FCV se han desarrollado modelos de predicción de eventos críticos en Unidades de Cuidados Intensivos, y se adelantan investigaciones para detectar eventos en pacientes postoperatorios pediátricos mediante análisis de imágenes termográficas.

Además, en conjunto con la empresa privada, se trabaja en soluciones basadas en IA para el diagnóstico de traumas cerebrales a partir del análisis de señales EEG. ▲

#### Notas

- 1: Agradezco la colaboración de los profesores de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander para la elaboración de este artículo de divulgación.
- 2: Para la elaboración del artículo se utilizó información obtenida con el chatbots de IA.



\*Gabriel Ordóñez Plata. Presidente ACIEM, Seccional Santander; Ingeniero Electricista, Universidad Industrial de Santander y Doctor Ingeniero Industrial, área Ingeniería Eléctrica, Universidad Pontificia Comillas.

# Interactividad estudiantil y campus virtuales: Ingeniería educativa desde la frontera

Una mirada desde Norte de Santander sobre la conexión entre tecnología, aprendizaje y compromiso académico

POR: CIRO ANTONIO CARVAJAL LABASTIDA\*

La sociedad del conocimiento afronta actualmente cambios vertiginosos en los contextos económico, social, político, académico y cultural, los cuales dan lugar a escenarios dinámicos y prospectivos que exigen a las instituciones mantenerse alineadas con los postulados del deber ser.

Uno de estos cambios es la interactividad estudiantil con los campus virtuales empleados para la formación profesional y el aprendizaje (EVA), que ha cobrado gran relevancia en el contexto educativo, especialmente después del periodo de la pandemia por Covid-19.

Esta situación incide en diversos aspectos de los estudiantes, no solo de Ingeniería sino de múltiples especialidades, principalmente, en su compromiso académico como fue observado en universidades públicas y privadas de Norte de Santander.

**“La implementación de EVA ha generado nuevas dinámicas en esta modalidad de enseñanza universitaria, visibilizando el compromiso académico de los participantes.”**



La implementación de EVA ha generado nuevas dinámicas en esta modalidad de enseñanza universitaria, visibilizando el compromiso académico de los participantes. Por ello, se evaluó la interactividad estudiantil como factor explicativo del compromiso académico en los campus virtuales de las Instituciones de Educación Superior (IES), con sede física en el departamento Norte de Santander, Colombia.

La interactividad se ha consolidado como eje central de la calidad educativa en los entornos virtuales. Desde las IES del departamento, Ingenieros y docentes han articulado ciencia, tecnología y pedagogía para construir espacios digitales que promuevan el aprendizaje activo.



El Capítulo Norte de Santander de ACIEM ha sido testigo y promotor de este proceso, impulsando la integración de plataformas tecnológicas, contenidos multimedia y sistemas de retroalimentación automatizados que fortalecen el compromiso académico.

Todos los eventos de capacitación y divulgación hacia las universidades demuestran que es posible la aplicación de estas estrategias. Esta experiencia regional, surgida en el contexto fronterizo de Cúcuta, representa un modelo replicable a nivel nacional.

### Ingeniería aplicada al aprendizaje digital

La virtualidad universitaria no se sostiene únicamente en software; requiere el diseño, mantenimiento y optimización continua de infraestructuras de red, servidores y sistemas LMS (Learning Management Systems).

Ingenieros y docentes de diversas áreas continúan participado en proyectos que garantizan la estabilidad y seguridad de los campus virtuales, desde la instalación de servidores redundantes, hasta la programación de módulos interactivos en plataformas como Moodle o Blackboard, utilizadas en la Universidad de Pamplona y la Universidad Francisco de Paula Santander.

Este soporte técnico constituye la base invisible del aprendizaje digital y demuestra el papel esencial de la Ingeniería en la educación contemporánea. La adap-

tación tecnológica, acompañada de una adecuada gestión pedagógica, evidencia cómo la Ingeniería educativa trasciende los límites de las aulas físicas.

### Modelos de interactividad y compromiso académico

Investigaciones desarrolladas en la región (Carvajal, 2025) identifican cuatro dimensiones que explican la interactividad estudiantil: formas de interacción, medio tecnológico, contenidos interactivos y relación facilitador-participante.

Los resultados muestran que la comunicación bidireccional y la retroalimentación oportuna constituyen los principales predictores del compromiso académico.

**“Desde las IES del departamento, Ingenieros y docentes han articulado ciencia, tecnología y pedagogía para construir espacios digitales que promuevan el aprendizaje activo.”**

Por tanto, el Ingeniero educativo no solo diseña sistemas, sino que optimiza la experiencia del usuario, analiza métricas de participación y propone mejoras continuas basadas en analítica de aprendizaje (Learning Analytics).

Estos avances confirman que el verdadero impacto de la virtualidad no depende únicamente de la infraestructura, sino de la calidad de la interacción entre los actores del proceso educativo.

### De la frontera al país: un modelo replicable

El enfoque desarrollado en Norte de Santander puede ser un referente para otros capítulos de ACIEM y uni-

versidades del país. Al combinar Ingeniería tecnológica con gestión educativa, se crean ambientes virtuales que promueven autonomía, participación y aprendizaje significativo.

El reto futuro será integrar Inteligencia Artificial (IA), realidad aumentada, sesiones espejo y sistemas adaptativos que respondan a los estilos de aprendizaje de cada estudiante, fortaleciendo así la equidad y la inclusión digital.

En este contexto, la experiencia del Capítulo Norte de Santander, demuestra que las fronteras no son límites, sino laboratorios de innovación donde la Ingeniería educativa impulsa el desarrollo regional.

La experiencia fronteriza demuestra que la Ingeniería educativa es un componente estratégico para consolidar una educación superior de calidad en Colombia.

**“Norte de Santander ha mostrado que la integración entre infraestructura tecnológica, pedagogía interactiva y analítica del aprendizaje puede generar ecosistemas educativos inclusivos.”**

En particular, la interactividad estudiantil mediada por campus virtuales ha permitido fortalecer el compromiso académico y promover la apropiación del conocimiento en programas de Ingeniería, donde el aprendizaje práctico requiere altos niveles de acompañamiento, retroalimentación y acceso oportuno a recursos digitales confiables.

A nivel regional, Norte de Santander ha mostrado que la integración entre infraestructura tecnológica, pedagogía interactiva y analítica del aprendizaje puede generar ecosistemas educativos inclusivos, flexibles y



sostenibles. Este modelo resulta fundamental en contextos con brechas de conectividad, diversidad socio-cultural y dinámicas territoriales propias de zonas de frontera, convirtiéndose en un referente para otras regiones del país que enfrentan desafíos similares en términos de acceso, permanencia y calidad académica.

En el ámbito nacional, la articulación entre Ingeniería, ciencia de datos, IA y diseño instruccional, abre oportunidades para transformar la enseñanza de las Ingenierías mediante simulaciones, laboratorios virtuales, entornos aumentados y sistemas adaptativos que personalicen la experiencia educativa. Estas innovaciones fortalecen competencias clave como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la toma de decisiones, aportando directamente al desarrollo industrial, tecnológico y productivo del país.

Asimismo, el papel de las Asociaciones profesionales como ACIEM, resulta determinante para la actualización docente, el diseño de estándares de calidad y la divulgación de buenas prácticas. Su participación promueve la apropiación social de la tecnología, impulsa la formación continua y favorece la consolidación de una cultura digital sostenible centrada en el aprendizaje activo.

La Ingeniería educativa, por tanto, se proyecta como una herramienta de transformación social, científica y humana al servicio del conocimiento. Su consolidación exige políticas institucionales estables, inversión tecnológica constante y una formación docente orientada a la colaboración, la innovación y la analíti-

ca educativa. En consecuencia, evaluar y potenciar la interactividad estudiantil, constituye un paso fundamental hacia la excelencia académica, la permanencia estudiantil y la formación integral de futuros Ingenieros capaces de responder a las demandas globales y regionales.

Finalmente, se invita a los Capítulos y Seccionales de ACIEM y a las IES del país, a compartir proyectos de innovación tecnológica, estrategias de interactividad y experiencias pedagógicas, que permitan consolidar una visión común de educación digital. Desde la frontera se demuestra que las transformaciones educativas son posibles, escalables y replicables, siempre que la Ingeniería se integre eficazmente con la pedagogía, la gestión académica y la vocación de servicio público.

## Recomendaciones

### Para las Instituciones de Educación Superior (IES)

- Fortalecer la relación facilitador-participante, promoviendo comunicación, motivación y retroalimentación constante en entornos virtuales.
- Diversificar las formas de interacción mediante herramientas sincrónicas y asincrónicas como foros, videollamadas y chats, para enriquecer la participación estudiantil.

**“La Ingeniería educativa, por tanto, se proyecta como una herramienta de transformación social, científica y humana al servicio del conocimiento. Su consolidación exige políticas institucionales estables.”**



- Invertir en contenidos interactivos a través del desarrollo de materiales multimedia, simulaciones y videos dinámicos que favorezcan el compromiso cognitivo y emocional.
- Actualizar los medios tecnológicos para garantizar plataformas estables y recursos basados en IA que optimicen la experiencia de aprendizaje.

### Para docentes y diseñadores instruccionales

- Capacitarse en estrategias de interactividad efectiva y diseño de contenidos adaptados a entornos virtuales modernos.
- Priorizar la creación de ambientes colaborativos que fomenten el compromiso conductual (participación activa) y emocional (sentido de pertenencia).

Finalmente, la investigación desarrollada, evidencia que la interactividad estudiantil —especialmente a través de la relación docente-estudiante y las formas de interacción— es un predictor clave del compromiso académico en los campus virtuales. Las IES deben integrar estos hallazgos en sus estrategias pedagógicas y tecnológicas para potenciar el éxito académico en entornos digitales. 

\*Ciro Antonio Carvajal Labastida. Vicepresidente ACIEM Capítulo Norte de Santander; Doctor en Gerencia Evaluativa, Tecnológica, Empresarial y Educativa; Magíster Scientiarum en Mantenimiento Industrial.

# Ingeniería social y equidad educativa: reconfiguración de estrategias pedagógicas en contextos vulnerables

POR: ACIEM CAPÍTULO CALDAS\*

Las condiciones sociales, económicas y tecnológicas de un mundo en constante cambio, dificultan que los jóvenes encuentren sentido y propósito en su vida. Para contrarrestar esta situación, la educación debe ir más allá de la simple transmisión de contenidos: debe convertirse en una experiencia significativa, que fortalezca la permanencia de los estudiantes en el sistema educativo y refuerce su sentido de pertenencia al proceso de aprendizaje, en especial, en contextos vulnerables.

Según reporte del Laboratorio de Economía de la Educación (LEE) en 2021 “Panorama de los jóvenes en Colombia: Desconectados del sistema educativo y laboral”, el 26% de los jóvenes entre 14 y 28 años, no están inscritos en ninguna institución educativa, ni participan en actividad laboral remunerada, una cifra que subraya la desconexión del sistema.

**“El panorama evidencia la necesidad de reconfigurar procesos de enseñanza. Lo cual implica generar alianzas estratégicas con el sector productivo y comunidades.”**



En otro reporte, entregado por la United Way Colombia en 2023 “Deserción escolar en Colombia: un desafío que se agrava”, más de 400 mil estudiantes abandonaron la educación entre 2022 y 2023, motivados principalmente por la pobreza, la violencia y la falta de acceso a tecnologías.

Este fenómeno no solo es una consecuencia directa de las brechas socioeconómicas, sino también de un sistema educativo que ha fallado en inspirar, orientar y cultivar la vocación de sus estudiantes.

El panorama evidencia la necesidad de reconfigurar los procesos de enseñanza. Lo cual implica generar alianzas estratégicas con el sector productivo y las comunidades, situando la vocación como el eje de la transformación educativa.



Este es el propósito de la extensión solidaria, el cual sirve como un puente fundamental entre el conocimiento académico y las necesidades reales del país, logrando alinear la formación de futuros Ingenieros con los retos prioritarios del desarrollo regional en Colombia, tal como lo afirma Díaz Uribe y colaboradores en 2025 en su ponencia “La cátedra retos y desarrollo de la Ingeniería en la Región Caribe colombiana: una buena práctica de internacionalización del currículo”.

El informe ilustra el proceso realizado en el proyecto de extensión solidaria, elaborado en la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, para niños y niñas entre los 11 y 17 años de escuelas rurales y urbanas. Este plan está orientado a fortalecer vocaciones científicas, tecnológicas y sostenibles en comunidades vulnerables del departamento de Caldas.

### **El programa “ruta STEAM”: de la vocación a la experiencia**

Las habilidades de Ciencia, Tecnología Ingeniería, Arte y Matemáticas (STEAM) permiten a los estudiantes desarrollar pensamiento crítico; resolver problemas reales; trabajar en equipo y expresarse creativamente. La educación STEAM orientada al territorio y propicia una relación más significativa entre conocimiento y contexto.

La experiencia demuestra que la educación técnica y tecnológica no debe reservarse para niveles superiores,

sino integrarse desde la escuela. Esto permite formar ciudadanos críticos y creativos que asumen la Ingeniería como una herramienta de vida y no como un privilegio académico.

En el contexto colombiano, el enfoque STEAM ha sido reconocido por el Ministerio de Educación Nacional como un motor para el desarrollo social, educativo y económico. En contextos vulnerables, la enseñanza basada en proyectos STEAM ofrece una vía poderosa para que niñas, niños y adolescentes se reconozcan como creadores y solucionadores de problemas en sus comunidades.

Estos hallazgos confirman que la ruta STEAM no solo fortalece las capacidades técnicas de los participantes, sino también su curiosidad, liderazgo y pensamiento crítico, consolidando un modelo de educación para la equidad desde la acción, la innovación y la motivación vocacional.

En consecuencia, estas experiencias transformadoras tienen un impacto duradero en el proyecto de vida de los estudiantes. El marco pedagógico de este programa se inspira en la necesidad de crear una nueva cultura de aprendizaje, centrada en la imaginación y el cambio constante.

La metodología aplicada en este programa busca emular el “Jardín de Infancia para toda la vida”, cultivando la creatividad a través de proyectos, pasión, pares y el juego, principios fundamentales de métodos como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y el enfoque Concebir, Diseñar, Implementar y Operar (CDIO).

**“Las habilidades STEAM permiten a los estudiantes desarrollar pensamiento crítico; resolver problemas reales; trabajar en equipo y expresarse creativamente.”**

## Descripción del proyecto de extensión solidaria

El programa “Ruta STEAM”: de la vocación a la experiencia” hace parte del proyecto de extensión solidaria, aplicado en el departamento de Caldas, cuya misión es la transformación social, mediante la formación de vocaciones en STEAM. Enfocado en el fortalecimiento del tejido social en comunidades vulnerables, el objetivo de este proyecto es vincular la Ingeniería y la ciencia con el entorno inmediato de los estudiantes, aumentando así su sentido de pertenencia, permanencia escolar y capacidad para generar soluciones sostenibles y pertinentes para el desarrollo regional.

**“Cuando el estudiante se involucra en la implementación de proyectos en su vereda, no solo aprende electrónica o programación, sino que descubre una vocación.”**

Como antecedente, el grupo de investigación de Propagación Electromagnética Aplicada (PROPELA), ha desarrollado proyectos enfocados en la aplicación de la Ingeniería para la conectividad rural, consignado en el Libro “Diseño de redes autogestionables para conectividad rural” (2025); la metodología de enseñanza fue presentada en la ponencia “Un acercamiento a laboratorios remotos embebidos en el aula de clase” en 2018, basado en el modelo preliminar para simulación de la sicología del aprendizaje en la XI Convención Informática 2005.

El programa aplicado en el proyecto de extensión solidaria, denominado “Ruta STEAM: de la vocación a la experiencia”, se enfoca especialmente en el fortalecimiento de competencias en tecnología e Ingeniería. Basado en el trabajo de maestría de Cristian Dallos Loaiza en 2022, mediante la aplicación de herramientas



como la electrónica, la programación con microcontroladores y la automatización de procesos en entornos rurales, este proyecto contribuye directamente a la solución de problemas endémicos de las regiones y fue aplicado por Ingeniería sin Fronteras Colombia en 2010 para comunidades rurales vulnerables.

En el momento en que el estudiante se involucra en la implementación de proyectos tales como sistemas de riego automático o de energía solar en su vereda, como la herramienta virtual desarrollada por Paola Carmona en 2022, no solo aprende electrónica o programación, sino que descubre una vocación y una posibilidad de visualizar su futuro profesional como Ingeniero comprometido con el desarrollo local.

## Resultados del proyecto de extensión solidaria

El proceso inició con una convocatoria abierta. La elección de las comunidades se realizó con base en criterios de vulnerabilidad educativa, ruralidad y baja oferta tecnológica, en articulación con la Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, el voluntariado internacional Global Shapers Manizales y aliados estratégicos como IWA Ingeniería y Educación. Se priorizaron instituciones rurales y urbanas marginales con estudiantes entre los 11 y 17 años. Se eligieron ocho comunidades, impactando a 210 estudiantes y 12 docentes o líderes comunitarios.

Cada comunidad participó en un diagnóstico inicial para identificar intereses, habilidades y potencial vocacional. Se construyó una ruta formativa adaptada

al contexto local. Los módulos implementados se centraron en electrónica, programación con Arduino y automatización de invernaderos sustentables, integrando ABP, la Taxonomía de Bloom y el enfoque CDIO, garantizando una progresión desde la comprensión conceptual hasta la creación de prototipos funcionales.

El proyecto contó con la participación de docentes, líderes comunitarios, estudiantes universitarios y empresas del sector tecnológico. A través de alianzas con instituciones locales y privadas, se construyó un ecosistema educativo que conectó la escuela con el sector productivo, reforzando el papel de la Ingeniería como articulador del progreso regional, definido por La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) en 2020, como uno de los retos en las facultades de Ingeniería para el desarrollo regional.

Una de las experiencias más significativas fue la realización de los LabTours, visitas guiadas a laboratorios tecnológicos y empresas de innovación en Manizales. Estos espacios ampliaron el horizonte vocacional de los jóvenes y fortalecieron su sentido de pertenencia hacia la ciencia y la Ingeniería.

Antes y después del proceso formativo, se aplicaron diagnósticos de conocimiento y vocación científica. Los resultados mostraron un incremento aproximado del 60% en la comprensión de conceptos básicos de electrónica y programación.



**“Al integrar el enfoque CDIO para soluciones reales en sus comunidades, los jóvenes se apropián de un modelo de ejercicio profesional pertinente.”**

En cuanto al aprendizaje general, el 75% de los estudiantes calificó su nivel de aprendizaje entre 4 y 5, en una escala de 1 a 5. Asimismo, el 62.5% de los participantes manifestó su deseo de continuar aprendiendo sobre temas STEAM, lo que sugiere una alta orientación vocacional hacia carreras científicas y tecnológicas.

### Reflexión final

La Ingeniería, entendida desde una perspectiva humanista y solidaria, se convierte en un vehículo de transformación social. En contextos vulnerables como los de Caldas, los proyectos de extensión universitaria permiten que la tecnología trascienda el aula y se materialice en soluciones concretas que mejoran la calidad de vida de las comunidades.

La Ingeniería aplicada al desarrollo local se consolida como una pedagogía vocacional. Al integrar el enfoque CDIO para Concebir, Diseñar, Implementar y Operar soluciones reales en sus comunidades, los jóvenes se apropián de un modelo de ejercicio profesional pertinente.

Al articular saberes, vocaciones y tecnología, se construyen comunidades más sostenibles, resilientes y empoderadas, donde la escuela se reencuentra con su propósito esencial: formar Ingenieros y ciudadanos capaces de impulsar el desarrollo regional de manera equitativa y sostenible. ▲

## 42 Conferencia Energética Colombiana ENERCOL 2025



El 24 y 25 de septiembre, ACIEM realizó la 42 Conferencia Energética Colombiana ENERCOL 2025. En el acto de Instalación de izq. a der. los Ings.: Gabriel Sánchez-Sierra, Miembro de la Junta Directiva Nacional de ACIEM; Carlos Arturo Cárdenas Guerra, Presidente Nacional y Daniel Enrique Medina, Expresidente Nacional de ACIEM.

## 7<sup>a</sup> Conferencia Internacional Geotecnia de Ductos IPG 2025



El 06 y 07 de noviembre, ACIEM y el Comité Técnico de IPG realizaron la 7 Conferencia Internacional Geotecnia de Ductos IPG 2025, un espacio en el que Ingenieros comparieron experiencias, tecnología, investigaciones y mejores prácticas alrededor de la gestión de ductos de transporte. De izq. a der. los Ings.: Gabriel Bohórquez, Vicepresidente Nacional de ACIEM; Hugo Alberto García, Presidente Comité Técnico IPG; Carlos Arturo Cárdenas Guerra, Presidente Nacional ACIEM y Fabio Ricardo Díaz, Presidente Comité Ejecutivo IPG.

## VIII Cumbre del Petróleo, Gas y Energía Agenda Técnica Midstream ACIEM



En el marco de la VIII Cumbre del Petróleo, Gas y Energía 2025, organizada por la Asociación Colombia del Petróleo y Gas (ACP); la Cámara Colombiana de Bienes y Servicios de Petróleo, Gas y Energía (CAMPETROL); la Asociación Colombiana de Geólogos y Geofísicos de la Energía (ACGGP) y la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM), se realizó la Agenda Técnica de Midstream 2025, un espacio en el que ACIEM invitó a representantes del sector para conocer sobre la implementación de seguridad de procesos en ductos; Aplicación de IA en la gestión estratégica del derecho de vía en ductos, entre otros aspectos.

## Primer Encuentro Nacional de Jóvenes



El 27 y 28 de noviembre, la Asociación realizó el Primer Encuentro Nacional de Jóvenes, un espacio que facilitó la conexión, inspiración y aprendizaje entre jóvenes Ingenieros Afiliados, de diferentes regiones de Colombia.



**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)**