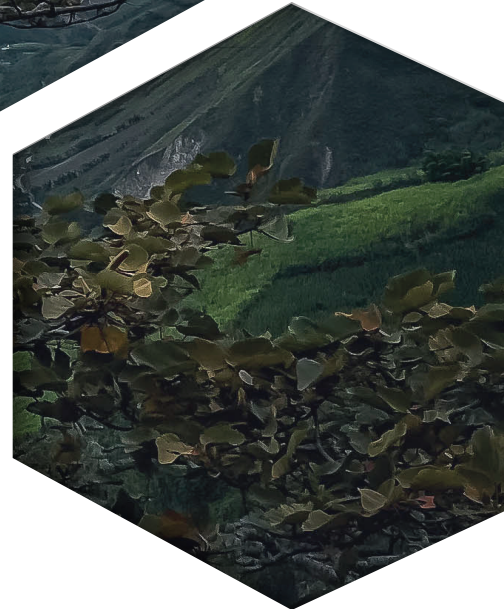


Revista GIPEM

Número 6





Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

Dirección

**Belizza Janet Ruíz Mendoza
Astrid Vanesa Mina Gallardo**

Comité editorial

**Astrid Vanesa Mina Gallardo
Laura Cossette Ríos Sarmiento
Evelyn Daniela Bárcenas Ruano**

Diseño y diagramación

**Oscar Santiago Erazo Mora
Manuela Salazar Carmona
Ana María Suárez Moncada
Laura Marcela Cortés Ossa**

Editorial

El sexto número de la Revista GIPEM de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales combina inspiración y conocimiento. En esta ocasión, los trabajos seleccionados son el fruto de la reflexión e investigación sobre la regulación del sector energético colombiano, explorada en la materia de posgrado Regulación bajo la guía de la profesora Belizza Janet Ruiz Mendoza. Cada ensayo refleja un compromiso con las líneas temáticas principales de la Revista, así como una mirada crítica y diversa sobre aspectos fundamentales de la regulación en diferentes contextos del sector.

Este número no sólo es un testimonio del conocimiento adquirido en el aula, sino también una manifestación del poder transformador de la escritura académica. Los estudiantes, guiados por los principios pedagógicos de Paulo Freire, van más allá de la exposición de ideas, desafiando problemas sociales y entrelazando conceptos estudiados en clase para desarrollar un análisis crítico y ofrecer múltiples perspectivas a través de sus ensayos. Además de los textos académicos, este número también presenta una faceta artística, con las creaciones de Oscar Santiago Erazo Mora, Yessica Alejandra Gomez Rivera y Juan Felipe Osorio Boada. Entre estas obras, las creaciones aportan un nuevo matiz emocional a La Revista y enriquecen la diversidad de contenidos presentados.

La Revista GIPEM es una plataforma que celebra la creatividad, el pensamiento crítico y la expresión artística, reconociendo el talento y la dedicación de sus autores, quienes no solo adquieren conocimiento, sino que también contribuyen activamente al diálogo sobre temas fundamentales para nuestra sociedad. Este número es un testimonio vibrante del potencial transformador que reside en la escritura y el arte.

¡Felicitamos a todos los escritores y artistas por su invaluable contribución y esperamos que esta publicación continúe siendo una fuente de inspiración para las futuras generaciones!

Atentamente,

Astrid Vanesa Mina Gallardo
Comité editorial de la Revista GIPEM.

Creaciones Artísticas

Juan Felipe Osorio Boada
Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

GIPEM 06, marzo (2024)
pp. 04-06
www.gipem.co/revista-gipem
gipem_fiarman@unal.edu.co
©Derechos patrimoniales
Universidad Nacional de Colombia

"El León Dormido"



Fotografía realizada por Juan Felipe Osorio Boada

“Bajo el manto azul, el león descansa,
En las alturas, entre verdes yermos,
El Nevado del Ruiz, dormido y eterno,
Testigo mudo de la danza del tiempo.
Sus picos acarician el cielo,
Guardianes impávidos de la vida,
En su quietud, hallamos el eco
De la eterna lucha entre calma y herida.
Como el león que sueña en su guarida,
El volcán contempla el mundo girar,
En su sueño, la sabiduría palpita,
En cada latido, la historia perdurar.
En cada nevada, una página escrita,
En cada amanecer, una nueva partida,
El Nevado del Ruiz, león dormido,
En su sueño, la esencia del ser contenido.”

Santiago Erazo.

"Elegancia en Violeta"



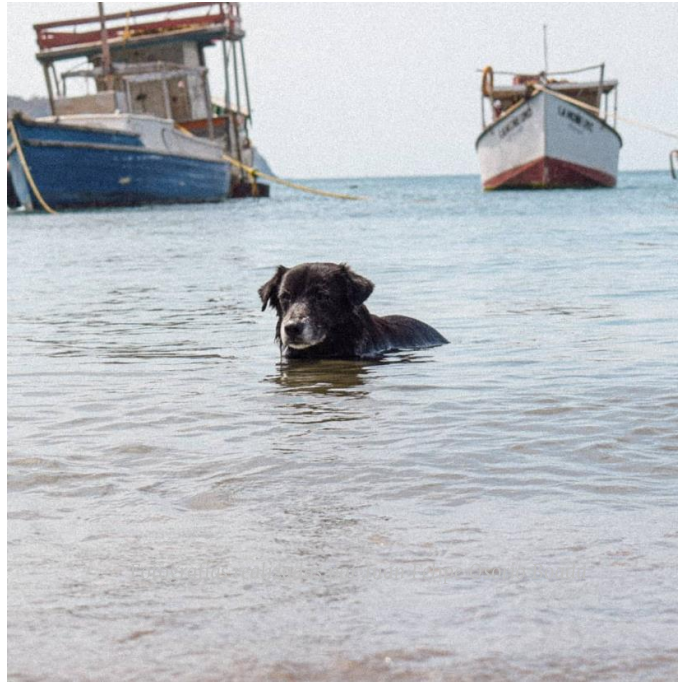
Fotografía realizada por Juan Felipe Osorio Boada

Brotan de la tierra, destellos de color,
elegancia en violeta, la esencia del amor.
En la vasta paleta del paisaje, una pincelada fina,
su color se despliega, en tonos que fascinan.

Tonos que susurran secretos de calma en su esencia,
una invitación a perderse en su suave presencia.
La naturaleza, en su danza serena y firme,
despliega su belleza.

Santiago Erazo.

"Explorando el Horizonte Azul"



Fotografía realizada por Juan Felipe Osorio Boada

En la quietud del mar, un perro de sabias canas se sumerge, explorando el vasto horizonte azul que se extiende ante él. Su mirada profunda y penetrante parece traspasar el tiempo, reflejando la serenidad y el entendimiento que solo los años pueden otorgar. En sus ojos, se vislumbra la búsqueda de significado, la exploración del misterio que yace más allá del horizonte, una búsqueda que trasciende lo físico y se sumerge en lo espiritual.

A pesar de la inmensidad del mar y la incertidumbre del horizonte, el perro permanece sereno y en calma, como si comprendiera que la verdadera exploración radica en la aceptación del momento presente. Su presencia en el agua refleja la conexión innata entre el ser humano y la naturaleza.

¿Qué secretos guarda este vasto mar azul? ¿Qué misterios se esconden más allá del horizonte que tanto anhelo alcanzar?

Santiago Erazo.

Creaciones Artísticas

Yessica Alejandra Gomez Rivera
Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

GIPEM 06, marzo (2024)
pp. 07-09
www.gipem.co/revista-gipem
gipem_fiarman@unal.edu.co
©Derechos patrimoniales
Universidad Nacional de Colombia

"Puesta de sol"



Fotografía realizada por Yessica Alejandra Gomez Rivera

Amarlo no significa poseerlo, ni reclamar su propiedad. Es más bien un acto de admiración y gratitud por su mera existencia. Es dejarlo brillar en todo su esplendor, incluso sabiendo que su luz eventualmente se desvanecerá en la oscuridad de la noche y se llevará consigo mismo mi existencia.

Así, en este amor sin posesión, encuentro la libertad de amar sin expectativas, sin exigencias. Lo amo por lo que es, por lo que me brinda en cada instante, sin intentar retenerlo ni cambiarlo.

Es una puesta de sol, y en su efímera grandeza, encuentro la plenitud de amar sin poseer.

"El vuelo de la mariposa"



Fotografías realizadas por Yessica Alejandra Gomez Rivera

El vuelo de una mariposa. "El caos" En el vasto universo de la existencia, el caos se presenta como una fuerza omnipresente e impredecible, una danza caótica que rige el fluir de la vida misma. Es una tela tejida con hilos de incertidumbre, donde cada acontecimiento, por más insignificante que parezca, puede desencadenar una serie de eventos imprevistos y trascendentales.

En este torbellino de circunstancias incontrolables, la metáfora del vuelo de una mariposa adquiere un significado profundo y conmovedor. Una criatura aparentemente frágil, cuyas alas batientes desatan una cadena de sucesos que se extienden mucho más allá de su alcance inmediato. Es un recordatorio sutil pero poderoso de la interconexión del universo, donde cada acción, por más pequeña que sea, puede tener un impacto desmesurado en el curso de los acontecimientos.

En el vuelo de una mariposa, encontramos la esperanza de que, incluso en los momentos más oscuros, siempre existe la posibilidad de un nuevo comienzo.

"Ya no hay vuelta atrás"



Fotografía realizada por Yessica Alejandra Gomez Rivera

En la fragilidad de las emociones humanas. Un simple gesto, una palabra no dicha, un adiós inesperado; todos estos elementos pueden desencadenar una tormenta emocional que sacude los cimientos del alma.

Entonces en el epicentro del caos emocional, donde los sentimientos de dolor, tristeza y confusión se entrelazan en una danza desordenada. Cada latido parece resonar con la fuerza de mil tempestades, mientras el individuo lucha por encontrar el equilibrio en medio de la tormenta.

A medida que se busca sanar, encuentra dentro de sí mismo la fuerza para renacer, para elevarse sobre el caos y encontrar una nueva forma de ser. Es en la vulnerabilidad donde yace el poder de la transformación, donde el dolor se convierte en una fuerza motriz para el crecimiento personal y la renovación del espíritu.

En última instancia, el caos nos recuerda la naturaleza efímera de la vida y la importancia de abrazar cada momento con gratitud y aceptación. A través del caos, encontramos la oportunidad de descubrir nuestra propia resiliencia y la belleza que emerge de las cenizas de la adversidad.

Creaciones Artísticas

Oscar Santiago Erazo Mora
Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

GIPEM 06, marzo (2024)
pp. 10-12
www.gipem.co/revista-gipem
gipem_fiarman@unal.edu.co
©Derechos patrimoniales
Universidad Nacional de Colombia

"El Arte de la Conexión"



Fotografía realizada por Oscar Santiago Erazo Mora

Entre la calma del bosque y el murmullo del arroyo, él encuentra su refugio, su santuario de creatividad. Allí, en ese espacio sagrado entre los árboles ancestrales, se sumerge en la laboriosa tarea de dar forma a los regalos que la naturaleza ofrece generosamente.

Cada corte es un tributo silencioso a la abundancia y la benevolencia de la tierra. La caña y el bambú que recoge con reverencia son más que simples materiales; son portadores de historias antiguas, testigos mudos del ciclo perpetuo de vida y renovación que han sido atestiguados por nuestros ancestros. Es como si cada tallo que toca llevara consigo la memoria de las generaciones que vinieron antes que nosotros, de los sabios ancianos que conocían los secretos de la tierra y el valor de la armonía con la naturaleza.

Así, con cada movimiento y trazo, él se conecta con esa herencia ancestral, honrando las enseñanzas de aquellos que vinieron antes que él. En sus manos, los materiales se transforman en instrumentos de arte y expresión, portadores de la sabiduría acumulada a lo largo de los siglos. Y mientras trabaja, siente la

presencia reconfortante de sus antepasados, guiándolo y protegiéndolo en su labor sagrada de crear belleza a partir de los dones que la tierra nos brinda.

En este momento de creación, se siente profundamente conectado con el latido mismo de la tierra. Cada suspiro de viento, cada rayo de sol que filtra a través del dosel del bosque, es un recordatorio de la inagotable generosidad de la madre tierra.

Que su trabajo sea un eco de gratitud por todo lo que brinda nuestra madre. Que su arte resuene como un tributo a su belleza y su abundancia infinita. Y que sus manos, al crear, sean instrumentos de amor y reverencia hacia el regalo máspreciado de todos: la vida misma.

Santiago Erazo

"Esfinge"



Fotografía realizada por Oscar Santiago Erazo Mora

En la profundidad de una mirada se encuentra la chispa de la alegría, un destello de felicidad que ilumina el rostro y el corazón. Es un reflejo del gozo del alma, un testimonio de momentos compartidos y recuerdos entrañables. En cada destello de luz que danza en los ojos, se encuentran los colores vibrantes de la vida, las risas contagiosas y los abrazos cálidos.

Pero también, en la profundidad de una mirada, se esconden las sombras del dolor y la tristeza. Son como nubes oscuras que oscurecen el brillo del sol, que empañan la belleza del mundo que nos rodea. Es un reflejo de las pérdidas sufridas y los sueños rotos, las lágrimas derramadas y los corazones quebrantados. La mirada se convierte en un abismo de desesperanza, un testigo mudo del sufrimiento humano más profundo.

En cada parpadeo, se teje una historia única, llena de agravios, de risas y lágrimas, de esperanzas y desilusiones. Pero también hay miradas que reflejan la traición, la ira y el odio, como un abismo oscuro que amenaza con engullir todo a su paso. Son las miradas perdidas, sin rumbo ni esperanza, que parecen no encontrar salida en medio de la oscuridad que las rodea. Son los ojos que nos miran desde el abismo, recordándonos la fragilidad de la existencia y la inevitabilidad del sufrimiento. ¿Qué destinos aguardan a aquellos cuyas miradas están perdidas en el abismo de la desesperación? ¿Qué futuro les espera en un mundo marcado por la oscuridad y el dolor?

Santiago Erazo.

Implementación de la venta al por mayor de electricidad en Colombia

Juan José Torres Cardona

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

La evolución de la comercialización de electricidad, desde sus inicios a finales del siglo XIX hasta las tendencias de liberalización adoptadas en Europa en los años 80 y en Colombia en la década de los 90, ha delineado un fascinante panorama en la industria energética. En sus primeras etapas, la electricidad, originalmente destinada al consumo propio de las entidades generadoras, se expandió hacia terceros, transformando radicalmente la forma en que la sociedad interactuaba con esta fuente de energía (Nidia Estella Higueta Álvarez et al., 2014).

Inicialmente asociada a la iluminación de calles y la operación de tranvías, la electricidad tomó un protagonismo aún mayor con la llegada de empresas eléctricas a gran escala, facilitando su acceso al público en general. La responsabilidad de proporcionar estos servicios recaía principalmente en compañías eléctricas y autoridades municipales, quienes establecían departamentos internos o contrataban a empresarios privados. En sus inicios, la aplicación residencial, comercial e industrial de la electricidad se limitaba mayormente a la iluminación, pero este paradigma experimentó un cambio significativo con el desarrollo de motores eléctricos, calentadores y dispositivos de telecomunicación (Simón Pérez Arango, 2018)

En la década de los 80, Europa inició la tendencia de liberalizar el mercado de la energía eléctrica, una dirección que Colombia también abrazó en los años 90. Este proceso, concebido con el propósito de incrementar la eficiencia en la prestación del servicio y reducir los costos para el usuario final, implicó modificaciones sustanciales en la producción, comercialización y reglamentación de la industria eléctrica. Este cambio de paradigma se reflejó en la dinámica de los actores presentes en el mercado y en el comportamiento del consumidor (Nidia Estella Higueta Álvarez et al., 2014).

GIPEM 06, marzo (2024)
pp. 13-20
www.gipem.co/revista-gipem
gipem_fiarman@unal.edu.co
©Derechos patrimoniales
Universidad Nacional de Colombia

La búsqueda de actores capaces de ofrecer servicios de energía condujo a una reconfiguración del sistema eléctrico colombiano, que históricamente se había constituido verticalmente para la prestación del servicio. La década de los 90 fue testigo de una profunda transformación con la reforma de las Leyes 142 y 143 de 1994. La liberalización del mercado, la introducción de formación de precios competitivos en generación, la regulación por incentivos en transmisión y distribución, junto con avances institucionales como la creación de la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG) y la supervisión de las firmas reguladas por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), se convirtieron en un referente internacional durante al menos los siguientes 5 años a este evento (Benavides & Cadena, 2018; Ju et al., 2020).

A pesar de los avances, con el tiempo han surgido oportunidades de mejora en el mercado energético colombiano. La liberalización ha abarcado la generación y distribución, pero la aspiración de un sistema eléctrico más integral ha llevado a la búsqueda de la tercerización en la comercialización del servicio de energía eléctrica. Con esto nace el concepto de venta al por menor de energía eléctrica, este modelo busca integrar a un tercer actor en la prestación del servicio el cual abarca desde la red de distribución hasta la prestación del servicio en el hogar o empresa (Perez et al., 2023; Russo et al., 2022).

Es en este contexto que surgen una serie de preguntas conductoras a las cuales se les busca dar respuesta en este ensayo: ¿Es necesario un tercer actor en la prestación del servicio de energía en Colombia? ¿Qué beneficios o perjuicios podría aportar este modelo al actual sistema de prestación del servicio de energía en el país? Estas interrogantes serán el hilo conductor para explorar a fondo los retos y oportunidades que implica esta transformación en el sector energético colombiano (Álvarez-Tarapuéz et al., 2023; Tellez et al., 2023).

Bajo este contexto, el presente ensayo se propone llevar a cabo un análisis de las implicaciones de la venta al por menor de electricidad en los países donde ha sido implementada, con el objetivo de explorar las razones que han contribuido a su falta de éxito en ciertos casos. Se abordará especialmente el impacto negativo que este modelo ha tenido en la prestación de servicios y en las redes de distribución, examinando las complejidades y desafíos asociados (Benavides & Cadena, 2018; Quispe, 2022).

Posteriormente, se buscará extrapolar las lecciones aprendidas y los patrones observados en la implementación de la venta al por menor de electricidad a la realidad colombiana. Se abordarán de manera crítica las preguntas planteadas anteriormente, centrándose en la necesidad de un tercer actor en la prestación del servicio de energía en Colombia y evaluando los posibles beneficios y perjuicios que podría acarrear este modelo al sistema existente en el país (Bayona-Velásquez et al., 2022; Mulder & Willems, 2019).

El análisis se centrará en la adaptabilidad del modelo al contexto colombiano, considerando las particularidades del mercado, la regulación vigente, y las dinámicas socioeconómicas. Se examinarán los desafíos específicos que podrían surgir en la implementación de este modelo en Colombia, así como las oportunidades que podría ofrecer para mejorar la eficiencia y reducir costos (Wolak, 2019).

Al profundizar en estas cuestiones, se busca dar claridad sobre el funcionamiento del modelo y la idoneidad de la venta al por menor de electricidad en el contexto colombiano, proporcionando una base crítica para la toma de decisiones y el diseño de políticas en el sector energético del país (Ignacio J. Pérez-Arriaga, 2013; Ríos & Olaya, 2018), bajo este contexto, la venta al por menor de electricidad es un modelo ineficiente y muy complejo que en últimas entorpece la prestación del servicio. Y para dar claridad sobre esto primero se debe conocer cómo funciona el modelo de venta al por menor de electricidad (Wang et al., 2022).

La venta al por menor de electricidad persigue la liberalización del comercio minorista con el objetivo fundamental de optimizar la eficiencia global del sector eléctrico a través de la facilitación de servicios

de intermediación. Estos servicios se manifiestan en diversas formas, dando lugar a una diversidad de agentes que reciben diferentes nombres según su función principal, aunque con cierta superposición: corredores, comerciantes y minoristas. Los corredores desempeñan el papel de intermediarios al facilitar transacciones entre compradores y vendedores, recibiendo una comisión por la ejecución exitosa de dichas transacciones. (Ignacio J. Pérez-Arriaga, 2013)

La venta al por menor no se limita únicamente a la transacción principal; también puede abarcar servicios adicionales. Por ejemplo, un minorista puede adquirir electricidad en grandes cantidades directamente de los generadores y, posteriormente, redistribuir o vender porciones más pequeñas a los usuarios finales (Baratto & Cadena, 2011; Larsen et al., 2004).

Basándonos en lo expuesto anteriormente, se vislumbra un modelo liberalizado que introduce un tercer actor, diferenciándose del modelo tradicional donde la gestión suele ser llevada a cabo por la misma empresa operadora de la red. Con este enfoque, se busca que un tercer actor sea el encargado de conectar o desconectar a los clientes. Este sistema, desde su concepción, requiere de regulaciones precisas que limitan la libre operación de los minoristas (Ignacio J. Pérez-Arriaga, 2013).

En términos de regulación, los minoristas deben cumplir con una serie de normativas estrictas diseñadas para proteger al consumidor. Estas regulaciones tienen como objetivos asegurar un cobro justo en la tarifa por la prestación del servicio, evitar recargos excesivos al usuario y garantizar que cualquier recargo sea plenamente consciente para el usuario al que se le aplique. Además, se busca especificar en contratos las condiciones de prestación del servicio que adquirirá el usuario (Cárdenas-Álvarez et al., 2022; IPSE, 2023).

La prestación del servicio por parte de los minoristas también implica decisiones cruciales, como la posibilidad de adquirir o no activos, entre ellos los medidores de energía. Si un minorista desea ofrecer un paquete de energía con criterios específicos en la prestación del servicio, debe contar con medidores equipados con tecnología que permita realizar conexiones, limitar el consumo o incluso conectar o desconectar al usuario a distancia. Todo este proceso se orienta hacia el objetivo de que el minorista tenga un control efectivo sobre el cumplimiento de los términos establecidos en los contratos con los usuarios (Joskow & Tirole, 2006).

La implementación de modelos de prestación de servicios eléctricos en Estados Unidos, España y Francia ofrece perspectivas diversas sobre la eficacia y los desafíos asociados. En el caso español, si bien inicialmente adoptó un modelo liberalizado, con el tiempo ha ido migrando hacia una estructura verticalmente integrada. Esta transición se ha atribuido a la pérdida de usuarios, quienes perciben que los recargos asociados a la liberalización no se traducen en mejoras significativas en la prestación del servicio. (Yang et al., 2018)

Francia, por otro lado, ha optado por un modelo altamente regulado, con el gobierno manteniendo un control estricto sobre las tarifas. Sin embargo, esta rigidez regulatoria ha limitado la capacidad de los minoristas para ofrecer beneficios adicionales más allá del servicio tradicional. La resistencia a perder el control tarifario ha llevado a una oferta limitada de ventajas para los usuarios. (Ignacio J. Pérez-Arriaga, 2013)

En Estados Unidos, la descentralización permite que cada estado elija su modelo de prestación de servicios. Sin embargo, la crisis energética en California destacó los desafíos de introducir más actores en la cadena de competencia. La percepción general es que la inclusión de más actores no ha aportado beneficios significativos a los usuarios ni mejoras sustanciales a la red, sino que ha generado costos adicionales (Perez & Garcia-Rendon, 2021).

Estos casos ilustran la complejidad y los desafíos asociados con la implementación de modelos alternativos en el sector eléctrico. La experiencia de cada país refleja la necesidad de equilibrar la apertura del mercado con la garantía de la calidad del servicio y la protección del consumidor. (Ockenfels et al., 2019) En el contexto actual, es imperativo analizar de cerca los indicadores de calidad que rigen la prestación del servicio eléctrico en Colombia. La evaluación de los estándares de eficiencia, medidos a través de indicadores clave como SAIDI (Duración Media de Interrupción del Servicio) y SAIFI (Frecuencia Media de Interrupción del Servicio), resulta esencial para comprender la calidad del suministro eléctrico en el país (SUI, 2023; XM, 2021).

Los datos recopilados de entidades confiables como la (SSPD) y los informes de calidad proporcionados por XM, revelan una tendencia alentadora en los últimos años. Tomando como referencia el período comprendido entre 2019 y 2022, donde se observa una mejora significativa en los indicadores clave. En 2019, el indicador SAIDI registró un promedio de 39.33 horas de indisponibilidad del servicio, mientras que en 2022 este valor disminuyó notablemente a 23.27 horas. De manera similar, el indicador SAIFI mostró una evolución positiva, reduciéndose de 31.70 interrupciones por año en 2019 a 15.43 en 2022 (Castillo Barvo et al., 2021; Santamaría & Taborda, 2011).

Este progreso constante en la calidad del servicio eléctrico puede atribuirse, en parte, a las políticas implementadas por la (CREG). La Resolución 015 de 2018, que establece criterios de mejora progresiva, y el documento CREG 010 de 2018, que define la metodología para la remuneración del éxito en la consecución de estos objetivos, que han desempeñado un papel crucial. Dichas regulaciones proporcionan un marco claro y un incentivo financiero para que las empresas del sector eléctrico mejoren constantemente sus estándares de servicio (García et al., 2020).

El informe emitido por la (SSPD) respalda de manera contundente la afirmación de que Colombia ha experimentado una mejora constante en términos de prestación de servicios públicos, con un énfasis particular en el suministro de energía eléctrica. Esta evolución positiva se refleja no solo en la notable disminución de las interrupciones experimentadas por los usuarios, sino también en la efectividad de la estructura de remuneración implementada (Castillo Barvo et al., 2021).

A pesar de que no todas las empresas logran cumplir en su totalidad con los objetivos establecidos, más del 85% de las empresas a nivel nacional que brindan el servicio de energía eléctrica demuestran un compromiso constante al cumplir año tras año con estos propósitos. Este rendimiento exitoso no solo se traduce en beneficios económicos, sino también en diversos tipos de incentivos que contribuyen significativamente a la mejora continua de la calidad de la prestación del servicio (Wolak, 2019). Es fundamental reconocer que la perfección total en la fiabilidad del servicio puede ser un objetivo difícil de alcanzar. Si bien siempre existirán eventos imprevistos provocados por las empresas o terceros, es crucial destacar la importancia de restablecer el servicio lo más rápido posible. En situaciones donde las interrupciones son planificadas, ya sea por mantenimiento o actualizaciones en la red, la transparencia y comunicación son esenciales. Informar a los usuarios con anticipación permite la planificación adecuada, minimizando las molestias causadas por la falta temporal de suministro eléctrico (Rendon et al., 2019).

En respuesta a la interrogante inicial planteada en este ensayo, los datos analizados indican que, en Colombia, no se justifica la presencia de un intermediario en la prestación del servicio de energía eléctrica. El sistema actual demuestra ofrecer una calidad de servicio sobresaliente para la mayoría de los usuarios conectados al Sistema Interconectado Nacional (Portafolio, 2023).

Es crucial destacar la colaboración entre los operadores de red y el gobierno, quienes trabajan de manera conjunta para ampliar el acceso al servicio de energía eléctrica en áreas del país que aún no cuentan con él. Este esfuerzo conjunto refuerza la eficacia del sistema verticalmente integrado que caracteriza a Colombia. En un contexto de red liberalizada, la implementación de proyectos similares podría volverse

más compleja, dado que la gestión de múltiples actores en la red podría dificultar la ejecución de iniciativas destinadas a llevar el servicio eléctrico a regiones menos atendidas (Correa-Giraldo et al., 2021; McRae & Wolak, 2021).

En el contexto del sistema interconectado de energía en Colombia, es esencial examinar tanto los beneficios como los perjuicios inherentes al modelo actual de prestación del servicio eléctrico. El país ha adoptado un enfoque verticalmente integrado, en el cual la mayoría de las empresas de transmisión, distribución, comercialización y venta al usuario final están monopolizadas. Aunque este modelo ha demostrado ser relativamente exitoso en términos de simplicidad y operación con solo tres actores en la red (transmisión, distribución y comercialización), también presenta desafíos significativos, especialmente en el ámbito regulatorio (McRae & Wolak, 2021).

Uno de los principales desafíos radica en la posibilidad de cobros excesivos en las tarifas de energía eléctrica. La regulación de estos aspectos es crucial para evitar que los usuarios finales se vean afectados por tarifas injustas, una preocupación que ha sido abordada y monitoreada desde la creación de la (CREG). A pesar de estos retos regulatorios, el modelo verticalmente integrado se considera exitoso en Colombia, donde la estructura simplificada facilita la gestión de la red eléctrica (Castillo Barvo et al., 2021).

En contraste, existe un pequeño sector liberalizado en el país, centrado en la generación de energía eléctrica. Aunque esto proporciona diversidad en la oferta, surge una preocupación significativa en cuanto a la concentración de propiedades, ya que muchas de las empresas generadoras pertenecen a grupos empresariales, tanto nacionales como extranjeros. Esta dinámica plantea interrogantes sobre la competencia y la equidad en el acceso a la generación de energía eléctrica, aspectos que deben ser monitoreados de cerca para garantizar un sistema eléctrico equitativo y eficiente (Nidia Estella Higuera Álvarez et al., 2014).

Al examinar el modelo de venta al por menor de energía eléctrica, se evidencian ciertos vacíos prácticos que plantean desafíos en su implementación. Este enfoque, que se centra en las comercializadoras sin la gestión de activos de redes de distribución, presenta claridades insuficientes en varios aspectos fundamentales. Un punto crítico radica en la falta de especificidad con respecto al mantenimiento de las redes de distribución, donde estas comercializadoras operan. Al carecer de activos físicos, estas entidades pueden enfrentar dificultades en la respuesta a eventos fortuitos que puedan afectar la continuidad del servicio (Simón Pérez Arango, 2018).

Además, la ambigüedad en la responsabilidad de los indicadores de calidad plantea interrogantes sobre cómo se gestionarían y mantendrían los estándares de servicio. La falta de claridad en la adquisición y uso de medidores por parte de estas compañías también representa un desafío. Estos instrumentos son esenciales para validar los contratos y medir el consumo de energía, pero la falta de directrices específicas podría conducir a prácticas inconsistentes y disputas contractuales (Benavides & Cadena, 2018).

A pesar de estos desafíos, el modelo de venta al por menor podría ofrecer ventajas significativas. La posibilidad de establecer la calidad, cantidad y tarifa de energía de manera más directa para los usuarios es un beneficio potencial. Además, se podría introducir flexibilidad en la prestación del servicio, permitiendo la oferta de 5 beneficios específicos o paquetes personalizados para satisfacer las necesidades individuales de los clientes (Wolak, 2019).

Considerando detenidamente la información suministrada, el modelo de venta al por menor de energía eléctrica muestra una serie de deficiencias inherentes que comprometen su efectividad. La falta de claridad en su concepción y la deficiente implementación en varios países indican que los beneficios asociados no son lo suficientemente significativos como para contrarrestar sus carencias operativas.

La abolición del sistema en un país que haya implementado este modelo sugiere de manera contundente su ineficiencia. Este enfoque, que otorga a los usuarios la capacidad de elegibilidad, no parece generar beneficios sustanciales que justifiquen sus complejidades. La estabilidad y fiabilidad en la prestación del servicio de energía parecen ser atributos más valorados por los usuarios que la posibilidad de elegir entre distintos proveedores.

En consonancia con el estudio del caso colombiano, se concluye que la implementación de un sistema de libre competencia en la distribución de energía resulta inapropiada. El sistema verticalmente integrado presente en Colombia demuestra ser mucho más completo y ofrece una fiabilidad notablemente alta en comparación con los modelos de venta al por menor. La prioridad debe centrarse en la calidad y consistencia del suministro eléctrico, lo cual parece mejor garantizado a través de un enfoque más integrado y centralizado.

En resumen, la evaluación de estos modelos sugiere que, en lugar de buscar la competencia en la venta al por menor de energía eléctrica, se debería poner un énfasis renovado en la optimización y fortalecimiento de los sistemas existentes, asegurando así una oferta de energía confiable y de alta calidad para todos los usuarios.

Referencias

- Álvarez-Tarapuéz, E. D., Arango-Lemoine, C., Carvajal-Quintero, S. X., & López-García, D. (2023). Propuesta metodológica: primeros pasos para la implementación de programas de gestión de la demanda en Colombia. *Revista UIS Ingenierías*, 22(4), 129-146. <https://doi.org/10.18273/REVUIN.V22N4-2023012>
- Baratto, P., & Cadena, A. (2011). Benefits of implementing a demand response program in a non-regulated market in Colombia. *2011 IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies Latin America SGT LA 2011 - Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ISGT-LA.2011.6083189>
- Bayona-Velásquez, E., Pirela-Ríos, A., Ricardo, J., & Alvarez, N. (2022). *Measurement Of Energy Poverty In The Colombian Caribbean Region: Comparative Analysis*. <https://doi.org/10.21203/RS.3.RS-1340558/V1>
- Benavides, J., & Cadena, Á. (2018). *Mercado eléctrico en Colombia: transición hacia una arquitectura descentralizada*. <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/3673>
- Cárdenas-Álvarez, J. P., España, J. M., & Ortega, S. (2022). What is the value of peer-to-peer energy trading? A discrete choice experiment with residential electricity users in Colombia. *Energy Research & Social Science*, 91, 102737. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2022.102737>
- Castillo Barvo, L., Alejandro Ossa Urrea, D., Fernanda Camargo Sánchez, L., & Arley González Vásquez Oscar Fabio Vélez Cano Jhon Cristian Giraldo, J. (2021). *DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA 2021*.
- Correa-Giraldo, M., Garcia-Rendon, J. J., & Perez, A. (2021). Strategic behaviors and transfer of wholesale costs to retail prices in the electricity market: Evidence from Colombia. *Energy Economics*, 99, 105276. <https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2021.105276>
- García, N. A., Alejandro, D., Urrea, O., María, Á., Forero, S., Arley González Vásquez, J., Fabio, O., Cano, V., & Taticuan, H. (2020). *DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA 2020*.

- Ignacio J. Pérez-Arriaga. (2013). *FUNDAMENTALS OF SMART GRID SYSTEMS*.
- IPSE. (2023). Inicio - IPSE. <https://ipse.gov.co/>
- Joskow, P., & Tirole, J. (2006). Retail electricity competition. *The RAND Journal of Economics*, 37(4), 799-815. <https://doi.org/10.1111/J.1756-2171.2006.TB00058.X>
- Ju, L., Wu, J., Lin, H., Tan, Q., Li, G., Tan, Z., & Li, J. (2020). Robust purchase and sale transactions optimization strategy for electricity retailers with energy storage system considering two-stage demand response. *Applied Energy*, 271, 115155. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2020.115155>
- Larsen, E. R., Dyner, I., Bedoya V., L., & Franco, C. J. (2004). Lessons from deregulation in Colombia: successes, failures and the way ahead. *Energy Policy*, 32(15), 1767-1780. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00167-8](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00167-8)
- McRae, S. D., & Wolak, F. A. (2021). Retail pricing in Colombia to support the efficient deployment of distributed generation and electric stoves. *Journal of Environmental Economics and Management*, 110, 102541. <https://doi.org/10.1016/J.JEEM.2021.102541>
- Mulder, M., & Willems, B. (2019). The Dutch retail electricity market. *Energy Policy*, 127, 228-239. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2018.12.010>
- Nidia Estella Higueta Álvarez, Juliana Echeverri Cadavid, & Iván Montoya Restrepo 3. (2014). *Caracterización de la comercialización del servicio de energía eléctrica en Colombia en un entorno de liberalización resumen*.
- Ockenfels, A., Stoft, S., & Cramton, P. (2019). Learning from Developing Country Power Market Experiences: The Case of Colombia. *Economics of Energy and Environmental Policy*, 2(2), 27-46. <https://doi.org/10.5547/2160-5890.2.2.2>
- Perez, A., Carabali, J. , Meneses, & Luis. (2023). *Pass-through in Colombia's unregulated retail electricity market*. <https://doi.org/10.32479/ijeep.13086>
- Perez, A., & Garcia-Rendon, J. J. (2021). Integration of non-conventional renewable energy and spot price of electricity: A counterfactual analysis for Colombia. *Renewable Energy*, 167, 146-161. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2020.11.067>
- Portafolio. (2023). Sector eléctrico en Colombia: así funciona la generación de energía en el país | *Infraestructura|Economía|Portafolio*. <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/sector-electrico-en-colombia-asi-funciona-la-generacion-de-energia-en-el-pais-584285>
- Quispe, C. (2022). Quality of the Electrical Service of the Peruvian Electrical System in Comparison with International Countries Through Data Envelope Analysis. *2022 5th Asia Conference on Energy and Electrical Engineering, ACEEE 2022*, 18-22. <https://doi.org/10.1109/ACEEE56193.2022.9851870>
- Rendon, J. J. G., Giraldo, M. C., & Ceballos, H. V. (2019). Retailer Electricity Market Price in Colombia. *2019 FISE-IEEE/CIGRE Conference - Living the Energy Transition, FISE/CIGRE 2019*. <https://doi.org/10.1109/FISECIGRE48012.2019.8984955>

- Ríos, J. R., & Olaya, Y. (2018). A dynamic analysis of strategies for increasing energy efficiency of refrigerators in Colombia. *Energy Efficiency*, 11(3), 733–754. <https://doi.org/10.1007/S12053-017-9601-9/METRICS>
- Russo, M., Kraft, E., Bertsch, V., & Keles, D. (2022). Short-term risk management of electricity retailers under rising shares of decentralized solar generation. *Energy Economics*, 109, 105956. <https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2022.105956>
- Santamaría, J., & Taborda, R. (2011). PRODUCTIVITY GROWTH IN ELECTRIC ENERGY RETAIL IN COLOMBIA. A BOOTSTRAPPED MALMQUIST INDICES APPROACH.
- Simón Pérez Arango. (2018). *Competencia minorista en el mercado de electricidad en Colombia: Diagnóstico y recomendaciones basadas en experiencias internacionales.*
- SUI. (2023). |Portal SUI|Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. <https://sui.superservicios.gov.co/>
- Tellez, A. A., Ortiz, L., Ruiz, M., Narayanan, K., & Varela, S. (2023). Optimal Location of Reclosers in Electrical Distribution Systems Considering Multicriteria Decision Through the Generation of Scenarios Using the Montecarlo Method. *IEEE Access*, 11, 68853–68871. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3252411>
- Wang, P., Fang, D., & Cao, G. C. (2022). How social learning affects customer behavior under the implementation of TOU in the electricity retailing market. *Energy Economics*, 106, 105836. <https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2022.105836>
- Wolak, F. A. (2019). *Transformation and Modernization of the Wholesale Electricity Market in Colombia.*
- XM. (2021). ASOCODIS-Comunicado Prensa-Mejora calidad servicio- Abril.
- Yang, J., Zhao, J., Luo, F., Wen, F., & Dong, Z. Y. (2018). Decision-Making for Electricity Retailers: A Brief Survey. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 9(5), 4140–4153. <https://doi.org/10.1109/TSG.2017.2651499>

Tarifas eléctricas en Colombia

Astrid Vanesa Mina Gallardo

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

En Colombia, la electricidad no solo es un servicio importante para la vida cotidiana de sus habitantes, sino también un elemento fundamental para el desarrollo económico y social del país. Las tarifas eléctricas en Colombia, al ser un componente esencial en el acceso a la energía eléctrica, han generado debates e inquietudes significativas, especialmente en términos de su impacto en el costo de vida, la competitividad empresarial y, en última instancia, la calidad de vida de los ciudadanos. En este contexto estas tarifas desempeñan un papel crucial y su influencia se manifiesta de diversas maneras, desde la estratificación socioeconómica hasta desafíos específicos en zonas rurales, el sistema tarifario puede afectar el acceso, especialmente en comunidades con bajos ingresos. El análisis de la correlación entre tarifas y acceso revela patrones que demuestran la influencia directa de las tarifas, en comunidades vulnerables que ven limitada la satisfacción de necesidades básicas. La evaluación de políticas gubernamentales actuales es importante para entender el manejo de los subsidios y medidas adoptadas para abordar las disparidades. Además, se sugiere explorar iniciativas futuras, como políticas de subsidios específicos y la promoción de fuentes renovables, para mejorar significativamente el acceso a la energía. Este ensayo analizará a profundidad el tema de las tarifas eléctricas en Colombia, con el argumento central de que estas deberían establecerse en función de los ingresos de los ciudadanos, mitigando así su crecimiento descontrolado y contribuyendo a una distribución equitativa de la carga económica. Para ello, se explorará la normativa vigente, la historia de las tarifas eléctricas, su importancia, cómo se calculan, quién las regula y cuáles son sus impactos socioeconómicos. Con este estudio, se espera aportar una perspectiva significativa a la discusión y, potencialmente, sentar las bases para una reforma de las tarifas eléctricas que tenga en cuenta la capacidad de pago de los ciudadanos y promueva un acceso equitativo y asequible a este servicio esencial.

GIPeM 06, marzo (2024)

pp. 21-30

www.gipem.co/revista-gipem

gipem_fiarman@unal.edu.co

©Derechos patrimoniales

Universidad Nacional de Colombia

Las tarifas eléctricas en Colombia representan un tema relevante en la vida de los ciudadanos y el desenvolvimiento económico del país. Este aspecto se vincula directamente con la calidad de la vida, ya que el acceso a la energía eléctrica es crucial en la cotidianidad, desde actividades básicas en los hogares hasta el funcionamiento de la educación, industrias y servicios. La fluctuación en los costos de la electricidad puede impactar significativamente en los presupuestos familiares, afectando la capacidad de ahorro, el acceso a otros bienes y servicios, e incluso incidiendo en la toma de decisiones cotidianas, por ello es necesario reconocer que el impacto de las tarifas eléctricas se extiende a diversos aspectos de la vida diaria. Las empresas, especialmente aquellas intensivas en energía, experimentan aumentos significativos en sus costos de producción si las tarifas eléctricas se elevan, lo que puede resultar en una disminución de la competitividad del país en el ámbito global. La influencia de estas tarifas en la inflación general de bienes y servicios también resalta la importancia de este tema en la estabilidad económica del país (Enel Colombia, 2023).

Las tarifas eléctricas deben reflejar una relación directa con los ingresos de los colombianos. Es fundamental garantizar que las tarifas eléctricas sean justas y equitativas, ajustadas a la capacidad económica de las personas. La implementación de tarifas que consideren la diversidad socioeconómica actual del país promovería un acceso más igualitario y asequible a este servicio esencial. Asimismo, esta medida contribuiría a la reducción de desigualdades y a la mejora de la calidad de vida de la población, asegurando un acceso justo a la energía eléctrica sin generar una carga financiera excesiva para los estratos con menores recursos. Las tarifas eléctricas no solo son un asunto técnico o económico, sino que tienen un impacto directo en la calidad de vida de los ciudadanos y en el desarrollo económico del país. Asegurar tarifas eléctricas acordes a los ingresos de la población se convierte en un aspecto vital para promover la equidad, la accesibilidad y el bienestar general en la sociedad colombiana (Leuschner, 1928).

Las tarifas eléctricas en Colombia han experimentado una trayectoria compleja, influenciada por la interacción de factores económicos, políticos y sociales a lo largo del tiempo. Desde sus inicios, la regulación tarifaria ha sido un componente vital para el equilibrio entre la sostenibilidad financiera de las empresas y el acceso equitativo a los servicios eléctricos por parte de la población. Históricamente, el control estatal predominó en la fijación de tarifas eléctricas en el país, principalmente a través de entidades como la Junta Nacional de Tarifas, creada en la década de 1960. Esta junta tenía la responsabilidad de establecer y aprobar las tarifas para servicios públicos esenciales, como la energía eléctrica y los servicios de agua; sin embargo, un punto significativo en la historia de la regulación tarifaria fue la introducción de las Leyes 142 y 143 de 1994. (Arenas Molina, 2020). Estas reformas desencadenaron un cambio fundamental en el panorama de los servicios públicos en Colombia, incluyendo el sector eléctrico. Estas leyes promovieron la apertura del mercado de servicios, incentivando la competencia y permitiendo la participación del sector privado en la generación, transmisión y distribución de electricidad. La implementación de estas leyes llevó a la creación de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). Esta entidad se encarga de aprobar las tarifas propuestas por las empresas, con influencia en sectores como energía eléctrica, acueductos y alcantarillados. Posteriormente, con el paso de los años y el cambio de gobiernos, se emitieron decretos y resoluciones que fortalecieron el establecimiento de estructuras tarifarias unificadas y la vinculación de tarifas a indicadores económicos. Sin embargo, estas normativas comenzaron a evidenciar limitaciones, especialmente con la crisis financiera del sector eléctrico a mediados de los años ochenta, además esta comisión se convirtió en un ente clave para la regulación del sector eléctrico, desarrollando metodologías, estrategias tarifarias y estableciendo directrices para la fijación de precios. A través de resoluciones específicas, la CREG delineó estrategias y políticas para garantizar una competencia equitativa y balancear los intereses de las empresas con la protección de los consumidores. Estos cambios institucionales y metodológicos representaron un quiebre significativo en el paradigma previo, que estaba basado en estructuras monopolísticas en la prestación de servicios públicos (Vélez, A., L, Y, & D., 2011).

Las tarifas eléctricas ejercen una influencia notoria en la sociedad al estar estrechamente ligadas al costo de vida, la economía doméstica y la disponibilidad de servicios fundamentales. Un incremento en estas tarifas puede tener repercusiones particularmente significativas para las familias de bajos ingresos, ya que destinan una proporción más considerable de sus ingresos para cubrir los servicios esenciales, entre los que se incluye la electricidad. (Steve, 2020). Esto puede impactar negativamente su capacidad para afrontar otros gastos esenciales, como alimentos, educación o atención médica. Además, las tarifas eléctricas más altas pueden influir en la competitividad de las empresas, especialmente en sectores intensivos en energía, es por eso por lo que el acceso a este servicio debe ser equitativo y asequible. La equidad en el acceso a la energía eléctrica es un aspecto que refleja la justicia social en una sociedad. En Colombia, la disparidad en la distribución de ingresos y recursos se refleja en la disponibilidad y accesibilidad desigual a servicios básicos, incluyendo la electricidad, los estratos de menores ingresos enfrentan desafíos significativos para pagar las tarifas eléctricas, lo que a menudo limita su acceso a una fuente de energía esencial para la iluminación, calefacción, refrigeración y el uso de dispositivos electrónicos básicos. Esta inequidad contribuye a la perpetuación de ciclos de pobreza energética, donde ciertos grupos sociales se ven marginados de manera sistemática de los beneficios y oportunidades que proporciona el acceso confiable a la electricidad, como es el caso de las zonas rurales o apartadas. La búsqueda de soluciones que garanticen un acceso equitativo a la energía eléctrica se vuelve crucial para fomentar la igualdad de oportunidades y el desarrollo sostenible en todas las capas de la sociedad colombiana (Silva, 2010).

Un aumento en las tarifas eléctricas puede ocasionar dificultades para que ciertos sectores de la sociedad accedan a servicios esenciales como iluminación, calefacción o refrigeración. Aunque Colombia esté ubicado en una zona intertropical del planeta (Salazar, 2023), lo que limita la necesidad extrema de calefacción o refrigeración, es esencial considerar la relevancia de este factor al hacer comparaciones con regiones donde el uso de aire acondicionado es imprescindible debido a altas temperaturas. Esto puede tener un impacto directo en la calidad de vida, ya que la electricidad es vital para mantener condiciones habitables. Además, tarifas eléctricas elevadas podrían desincentivar la adopción de tecnologías más eficientes desde el punto de vista energético. Los costos asociados podrían obstaculizar la inversión en sistemas de energía renovable o dispositivos más eficientes, lo que a largo plazo obstaculiza el avance hacia un sistema energético más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. Por ende, la dinámica de las tarifas eléctricas en Colombia se convierte en un asunto crítico que impacta no solo a los consumidores, sino también al panorama económico del país (Díaz-Rodríguez, 2019).

Durante la última década, las tarifas eléctricas en Colombia han experimentado cambios mensuales asimétricos. Estos ajustes irregulares pueden estar relacionados con diversos factores económicos y regulatorios. A pesar de la ausencia de detalles específicos sobre el comportamiento de las tarifas eléctricas, se ha analizado su dinámica y relación con la inflación de los precios regulados y con la inflación total durante este período. Esto indica que las fluctuaciones en las tarifas eléctricas pueden estar vinculadas a los cambios en los índices de precios y a la dinámica inflacionaria general en el país. Los principales índices de precios que afectan la formación de las tarifas eléctricas en Colombia, aunque no se detallan específicamente, parecen vincularse con los precios regulados por el Estado y el Índice de Precios al Consumidor (IPC). Esto sugiere que los ajustes tarifarios podrían estar correlacionados con los cambios en los precios regulados y la variación en el IPC. El aumento de las tarifas eléctricas ha ganado protagonismo en los últimos años en estos índices y a su vez la creciente influencia en la canasta total del IPC y en los precios regulados por el Estado (Rendón, 2005).

Por otro lado, se ha cuestionado la pertinencia del Índice de Precios al Productor (IPP) como indexador para las tarifas de energía eléctrica en el país. El uso del IPP ha generado fenómenos inflacionarios que se propagan al Índice de Precios al Consumidor (IPC), aumentando así los precios de otros bienes y servicios esenciales. Este índice se ha visto influenciado por variables externas al sector eléctrico, lo cual no guarda relación con los costos de generación del país, generando inestabilidad en las tarifas. Además, se ha evidenciado que el IPP no ha reflejado adecuadamente los eventos climáticos extremos, lo que

plantea dificultades para mantener estables los márgenes de utilidad de los agentes generadores. En este contexto, se plantea la necesidad de explorar alternativas al IPP como indicador de los costos unitarios de energía eléctrica. Se busca identificar un indexador más preciso que represente adecuadamente los costos de las actividades de suministro eléctrico en Colombia, con el propósito de minimizar el impacto en la calidad de vida y productividad de la sociedad. Esta iniciativa de análisis pretende estudiar el comportamiento tarifario actual y proponer indicadores más alineados con las necesidades del sector, con el fin de encontrar soluciones que establezcan las tarifas y reduzcan la espiral inflacionaria observada en los últimos tiempos para garantizar este servicio de forma más justa a los consumidores. (Caballero-Espinosa, A. F. (2023))

El diseño tarifario también ha estado influenciado por eventos y políticas económicas. La liberalización del mercado, la expansión de la infraestructura, la introducción de fuentes renovables y los cambios en los costos de producción han tenido un impacto directo en la determinación de las tarifas eléctricas en Colombia. Un elemento decisivo en la regulación tarifaria ha sido la estratificación socioeconómica de la población. Esta estratificación, que clasifica a los usuarios en diferentes estratos, ha influido en la forma en que se establecen las tarifas eléctricas, buscando equilibrar la accesibilidad a los servicios con la sostenibilidad financiera de las empresas. La historia de las tarifas eléctricas en Colombia refleja una evolución desde un modelo centralizado y regulado hacia una estructura más abierta y competitiva. Los cambios en la regulación, la entrada de actores privados, la diversificación de la matriz energética y los ajustes socioeconómicos han sido determinantes en la configuración de las tarifas eléctricas, marcando diferencias importantes en su desarrollo y configuración actual.

Actualmente en Colombia, la fijación de las tarifas eléctricas está regulada por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), que emite resoluciones para establecer las metodologías y fórmulas que determinan el cálculo de estas tarifas. A lo largo del tiempo, diversas resoluciones han delineado los parámetros y criterios que guían la fijación de precios en el sector eléctrico. Entre las resoluciones más relevantes se encuentra la Resolución CREG 097 de 1995, la cual marcó un precedente en la regulación tarifaria al introducir la metodología para calcular los cargos por uso de la red de transmisión nacional. Esta resolución sentó las bases para la consideración de factores como la distancia, la capacidad de transporte, entre otros, en la determinación de las tarifas. Posteriormente, la Resolución CREG 071 de 2006 fue crucial al establecer la metodología para calcular los cargos asociados a la conexión de los generadores al sistema de transmisión. Esta medida buscaba incentivar la eficiencia en la generación de energía y promover una mayor competencia en el mercado eléctrico.

Otra resolución relevante es la CREG 097 de 2008, que introdujo ajustes a la metodología de cálculo de cargos por uso de la red de transmisión y distribución, buscando asegurar una mayor eficiencia y transparencia en la fijación de las tarifas eléctricas. Además, la Resolución CREG 166 de 2016 fue significativa al establecer la metodología para calcular el cargo por confiabilidad, un factor crucial para garantizar la seguridad en el suministro eléctrico. Este cargo cubre los costos asociados con la capacidad de generación y transmisión necesaria para asegurar un suministro estable y confiable. Es importante resaltar que estas resoluciones, entre otras emitidas por la CREG a lo largo de los años, no solo establecen la fórmula tarifaria, sino que también definen cómo deben calcularse los costos de generación, transmisión y distribución, así como los subsidios y criterios de eficiencia que deben considerarse en la fijación de las tarifas para distintos segmentos de usuarios y categorías de consumo en el país.

El cálculo de las tarifas eléctricas en Colombia se rige por principios fundamentales como la aditividad y multiplicidad. Estos principios son esenciales en la determinación de los costos y se reflejan en la estructura de la fórmula tarifaria. El principio de aditividad implica que los costos totales de la energía eléctrica se desglosan en diferentes componentes. Estos componentes abarcan los costos de generación, transmisión distribución, y comercialización. Cada uno de estos costos es calculado de manera individual y luego se suman para obtener el costo total de la tarifa eléctrica. La aditividad asegura que cada etapa del proceso de producción y distribución sea considerada independientemente, lo que

permite una evaluación detallada de los gastos y costos asociados en cada fase. Por otro lado, el principio de multiplicidad se refiere a la existencia de múltiples variables y factores que inciden en el cálculo de las tarifas eléctricas. Este principio reconoce la complejidad del sistema eléctrico y toma en cuenta una amplia gama de elementos para determinar el costo final de la energía. Entre estos factores se incluyen los costos variables asociados a la cantidad de energía consumida, los costos fijos de mantenimiento de la infraestructura, los costos de inversión en nuevas tecnologías y la eficiencia operativa. Ambos principios, aditividad y multiplicidad, trabajan en conjunto para asegurar que el cálculo de las tarifas eléctricas refleje de manera precisa y detallada los costos involucrados en la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. Esta metodología proporciona una base sólida para la determinación de tarifas que buscan mantener un equilibrio entre la viabilidad financiera del sector y la protección de los intereses de los usuarios finales (Pérez-Arriaga, 2013).

Las consideraciones sobre eficiencia económica y calidad juegan un papel crucial en la fijación de las tarifas del servicio de energía eléctrica y en la evaluación de su impacto en el bienestar social, tanto para los consumidores como para las empresas proveedoras del servicio. La regulación económica, basada en la teoría microeconómica convencional, emplea los conceptos de eficiencia productiva y asignativa para determinar las tarifas de servicios públicos, como la energía eléctrica. Si bien la eficiencia es un factor fundamental en la teoría, la fijación de tarifas también considera aspectos adicionales que inciden en el bienestar social, como la calidad del servicio, la suficiencia financiera, la equidad, la neutralidad, la simplicidad y la transparencia, entre otros. Sin embargo, medir la eficiencia y la calidad presenta ciertas dificultades. Se busca identificar y analizar estas variables a través del comportamiento de las tarifas diferenciales y de indicadores específicos de calidad (como DES y FES). Es importante tener en cuenta que la determinación de los precios de este servicio involucra a diversos actores económicos con intereses políticos, económicos, sociales y sindicales. Además, se ven influenciados por consideraciones inflacionarias, de empleo y del ciclo económico (Rendón, 2005).

En el contexto colombiano, la definición de estos criterios ha seguido los lineamientos convencionales observados en distintos modelos regulatorios de otros países. Esto implica que, aunque la eficiencia económica y la calidad son aspectos fundamentales en la fijación de tarifas, la complejidad del proceso también incorpora múltiples consideraciones y actores, lo que hace que la determinación de precios sea un proceso multidimensional y dinámico. En el diseño de tarifas, los costos se clasifican en cargos de acceso y los restantes correspondientes a la generación y actividades minoristas. Los cargos de acceso, compuestos principalmente por costos de red, gestión de distribuidores y otros costos regulados, representan una parte significativa de las tarifas. La tarifa integral regulada se completa con los costos de generación y gestión de clientes. La asignación de costos de red ha sido objeto de diversas propuestas, destacando el principio fundamental de la causalidad de costos. Esto ha impulsado enfoques más recientes que buscan justificar la asignación de costos a aquellos agentes cuya demanda o generación ha requerido la expansión de la red (Pérez-Arriaga, 2013).

El incremento en las tarifas de energía eléctrica ha manifestado su impacto tanto en el comportamiento del mercado regulado como en el no regulado, evidenciándose aumentos de dos dígitos en la variación porcentual año/año desde el primer semestre del año 2021. Esta tendencia alcista ha generado reacciones significativas en la opinión pública, convirtiéndose en uno de los factores que contribuyen al aumento de la inflación, según señala el informe del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) (DANE, 2020). Ante esta situación, el gobierno nacional ha emprendido esfuerzos para mitigar estos incrementos a través de un llamado al Pacto por la Justicia Tarifaria, implementando medidas transitorias diseñadas para salvaguardar a los usuarios finales frente a estos aumentos (MinEnergía, 2022). Estas acciones gubernamentales buscan no solo abordar la preocupante escalada de los costos energéticos, sino también garantizar la estabilidad económica y proteger el poder adquisitivo de la población.

El Pacto por la Justicia Tarifaria, suscrito en Colombia en 2022, marcó un punto de inflexión en la búsqueda de soluciones para contrarrestar el brusco aumento de las tarifas de energía eléctrica. En septiembre del mismo año, la CREG presentó tres resoluciones (701- 017, 701- 018, 701- 019) detallando estrategias concretas para iniciar la reducción de precios a partir de noviembre de 2022. Estas medidas abarcaban la colaboración de todos los participantes en la cadena eléctrica, la postergación de compromisos para los comercializadores y la renegociación de contratos, tanto en términos de plazos de pago como en periodos de consumo. Este compromiso se tradujo en acciones tangibles: 82 empresas del sector implementaron medidas para disminuir los componentes de generación, transmisión y distribución de energía en el país. La renegociación de 952 contratos entre generadores y comercializadores, representando el 5 % del mercado regulado y el 46 % del no regulado, evidenció un cambio significativo en la estructura tarifaria. Este reajuste tuvo repercusiones en los índices inflacionarios; mientras que el Índice de Precios al Productor (IPP) seguía en aumento en diciembre de 2022 (acumulando un 21,8 % durante el año), la inflación específica de la energía eléctrica disminuyó al 0,77 %, como explicó Alejandro Castañeda, director ejecutivo de la Asociación Nacional de Empresas Generadoras (ANDEG) (MinEnergía, 2022).

El seguimiento de estas medidas implementadas arrojó resultados alentadores que merecen un análisis detallado. En noviembre de 2022, se evidenció una disminución significativa del 4,2 % en las tarifas de energía, lo que se tradujo en un ahorro notable de \$35 por kilovatio hora para los consumidores. Esta reducción promedio del 2,3 % en las tarifas a lo largo del mes indicó una respuesta favorable a las acciones gubernamentales destinadas a contrarrestar los aumentos previos. No obstante, a pesar de las expectativas de mantener esta tendencia positiva en diciembre, los indicadores económicos, como el Índice de Precios al Consumidor (IPC) y el Índice de Precios al Productor (IPP), continuaron su tendencia al alza, sugiriendo una complejidad persistente en el escenario económico. Es importante destacar que, aunque las tarifas eléctricas mostraron una disminución temporal, otros factores económicos influyeron en el comportamiento del mercado. En diciembre de 2022, el precio promedio del kilovatio comercializado en Colombia experimentó un aumento del 0,84 % en comparación con noviembre, alcanzando los \$779,1, según datos de Vélez-Robledo (2022). Este incremento, a pesar de las medidas implementadas, subraya la interconexión de diversos factores económicos que afectan el costo de la energía eléctrica y subraya la necesidad de abordar de manera integral los desafíos en el sector energético para garantizar estabilidad y previsibilidad a largo plazo.

La integración de sistemas AMI (Advanced Metering Infrastructure) en la red eléctrica se ha considerado una alternativa innovadora para la fijación de tarifas de energía. Estos sistemas presentan ventajas notables al proporcionar información detallada sobre el consumo energético en tiempo real. Esta recopilación de datos permite una comprensión más profunda de los patrones de consumo, lo que potencialmente conduce a estrategias tarifarias más eficientes y personalizadas. Asimismo, la gestión de la demanda y la optimización de la red eléctrica gracias a los sistemas AMI pueden resultar en una disminución de costos operativos y pérdidas, lo que eventualmente podría reflejarse en una fijación más precisa y justa de las tarifas para los consumidores; sin embargo, a pesar de las ventajas que ofrecen los sistemas AMI, surgen preocupaciones importantes respecto a su equidad. La introducción de medidores inteligentes puede acarrear costos adicionales para los consumidores, lo que podría representar una carga financiera considerable, especialmente para aquellos con ingresos limitados. Esta transición hacia sistemas de medición más avanzados podría resultar en un aumento de las tarifas eléctricas, lo que, a su vez, podría hacer que el acceso al servicio sea más difícil para los estratos de menor poder adquisitivo. Además, la posibilidad de desconexión del servicio por falta de pago se vuelve más compleja con estos medidores, ya que tradicionalmente se ha considerado que la energía es un servicio esencial que no debería interrumpirse, incluso en situaciones de dificultades económicas. Esta situación plantea desafíos éticos y sociales sobre cómo gestionar las conexiones y desconexiones en un entorno donde se utilizan medidores que permiten un mayor control remoto del suministro eléctrico (Téllez Gutiérrez et al, 2018)

A modo de conclusión, el impacto socioeconómico de las tarifas eléctricas es significativo y abarca diversos sectores de la sociedad. Estas tarifas inciden directamente en el presupuesto de los hogares, las empresas, la competitividad económica y el desarrollo sostenible. En el ámbito doméstico, las tarifas eléctricas afectan el gasto mensual de las familias. Un aumento en las tarifas puede representar una carga financiera considerable, especialmente para los hogares de bajos ingresos. Esto puede limitar su capacidad para satisfacer otras necesidades básicas, como alimentación, salud o educación. Los hogares que destinan una proporción considerable de sus ingresos al pago de servicios básicos se ven más afectados por las fluctuaciones en las tarifas eléctricas. En el sector empresarial, las tarifas eléctricas tienen un impacto directo en los costos de producción. Las industrias que dependen en gran medida de la electricidad como insumo principal, como las manufactureras o las tecnológicas, pueden enfrentar desafíos significativos si las tarifas eléctricas aumentan considerablemente. Lo que afecta su competitividad en el mercado nacional e internacional, lo que a su vez podría influir en la creación de empleo y la inversión. Por otro lado, las tarifas eléctricas también pueden impulsar cambios positivos en la sociedad. El aumento de las tarifas puede fomentar la adopción de tecnologías más eficientes y el uso responsable de la energía. Esto podría generar una mayor conciencia sobre la importancia de la conservación energética y promover la transición hacia fuentes de energía más limpias y renovables (Rendón, 2005).

La consideración del impacto macroeconómico de los subsidios a las tarifas eléctricas en países donde se aplican resulta esencial para comprender la complejidad de su efecto en la sociedad y la economía. A pesar de que estos subsidios pueden aliviar la carga para determinados grupos, su implementación conlleva la posibilidad de generar desequilibrios fiscales y distorsiones en el mercado energético. El impacto socioeconómico derivado de las tarifas eléctricas abarca diversas dimensiones, influyendo directamente en la calidad de vida de los ciudadanos, la viabilidad de las empresas y la formulación de políticas energéticas. En este contexto, la búsqueda de un equilibrio entre el acceso asequible a la energía y la sostenibilidad económica se revela como un componente crucial para asegurar un desarrollo equitativo y sostenible a largo plazo. La toma de decisiones en materia de tarifas eléctricas, por lo tanto, debe considerar cuidadosamente estos factores multidimensionales para promover un panorama económico y social equitativo y resistente.

El diseño de las tarifas eléctricas es un aspecto crítico para cualquier economía y sociedad, especialmente en Colombia, donde la relación entre el ingreso de los consumidores y los costos de energía es fundamental. Establecer una fórmula tarifaria que considere los ingresos puede ayudar a mitigar las desigualdades socioeconómicas al garantizar que el acceso a un servicio esencial como la electricidad no sea prohibitivo para los estratos socioeconómicos más bajos. Esta medida no solo podría aliviar la carga financiera de los hogares con ingresos limitados, sino que también podría mejorar su calidad de vida y promover un desarrollo más equitativo. La relación directa entre los ingresos y las tarifas eléctricas tiene el potencial de incentivar un uso más eficiente de la energía. Al asociar las tarifas con los ingresos, se motiva a los consumidores a ser más conscientes de su consumo y a buscar alternativas energéticas más eficientes. Este enfoque no solo beneficia a los hogares de menores ingresos, sino que también promueve una cultura de consumo responsable que puede repercutir positivamente en la sostenibilidad ambiental a largo plazo. Además de considerar los ingresos en las tarifas, es necesario evaluar y equilibrar los costos de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía. Esto implica una fórmula tarifaria que abarque todos estos elementos para garantizar una tarifa justa y sostenible. La transparencia en la asignación de subsidios es fundamental para asegurar que estos recursos lleguen a los sectores que realmente los necesitan, evitando desviaciones o mal uso de los fondos destinados a la ayuda económica (Silva Ruiz, 2010).

El establecimiento de tarifas equitativas basadas en los ingresos podría generar un impacto significativo en la vida de los colombianos. No solo aliviaría la carga económica de los estratos socioeconómicos más bajos, sino que también podría promover una mayor eficiencia energética y fomentar el desarrollo de tecnologías más sostenibles. Sin embargo, esta estrategia debe implementarse de manera cuidadosa y

considerando múltiples factores, asegurando la estabilidad financiera del sector eléctrico y evitando distorsiones que afecten su funcionamiento adecuado. El análisis detallado de los puntos dentro de la fórmula tarifaria es esencial para evitar desequilibrios y asegurar una distribución justa de costos y subsidios. La transparencia en la asignación de estos recursos es crucial para evitar fraudes y garantizar que los subsidios lleguen a quienes realmente los necesitan. Asimismo, la implementación de límites y controles rigurosos podría prevenir el mal uso de estos beneficios por parte de consumidores que no requieren ayuda económica. El diseño de tarifas eléctricas que consideren los ingresos de los colombianos como parte de una fórmula integral es un paso significativo hacia la equidad socioeconómica y el desarrollo sostenible. Esto no solo tiene el potencial de aliviar la carga financiera de los estratos más bajos, sino que también puede fomentar un uso más consciente de la energía y promover la inversión en tecnologías más eficientes y sostenibles. Sin embargo, su implementación debe realizarse con cautela y transparencia, evaluando cada aspecto de manera detallada para garantizar la equidad y el buen funcionamiento del sistema eléctrico. Las tarifas eléctricas en Colombia están sujetas a una serie de factores que incluyen cambios en los índices de precios, dinámicas inflacionarias y regulaciones sectoriales. La relación entre estas tarifas y la economía del país es compleja y sujeta a una variedad de variables que requieren un monitoreo y análisis constante para asegurar un equilibrio entre la estabilidad económica y el acceso a un servicio eléctrico sostenible y asequible para los consumidores colombianos.

Referencias

- Arenas Molina, A. (2020). *Evolución de las tarifas de electricidad de usuarios residenciales antes y después de la reforma del mercado eléctrico de 1994*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia.
- Álvarez, H., & Guillermo, C. (2004). *Las reformas liberales de los servicios públicos: el caso de la reforma eléctrica colombiana*. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 29, 1-15.
- Bancolombia. (2023, Febrero 22). *¿Qué viene para las tarifas de energía en Colombia 2023?* Bancolombia. Recuperado de: <https://www.bancolombia.com/empresas/capital-inteligente/actualidad-economica-sectorial/colombia-y-su-politica-de-tarifas-de-energia>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2007). *Resolución 119 de 2007. Por la cual se aprueba la fórmula tarifaria general que permite a los Comercializadores Minoristas de electricidad establecer los costos de prestación del servicio a usuarios regulados en el Sistema Interconectado Nacional*. Recuperado de: https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0119_2007.htm
- DANE. (2020) *Boletín Técnico Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV)*. Bogotá 2 de septiembre de 2021. Recuperado de: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/calidad_vida/2020/Boletin_Tecnico_ECV_2020.pdf
- Díaz-Rodríguez, C. (2019). *Aspectos bioéticos relacionados con la producción y demanda residencial de energía eléctrica en Colombia*.
- Enel Colombia. (2023). *Tarifas de energía*. Enel.com.co. Recuperado de: <https://www.enel.com.co/es/personas/tarifas-energia-enel-distribucion.html>
- Espitia, J., Ferrari, C., Hernández, G., Hernández, I., González, J. I., Reyes, L. C., ... & Zafra, G. (2017).

Sobre la reforma tributaria estructural que se requiere en Colombia. Reflexiones y propuestas. Revista de economía institucional, 19(36), 149-174.

González, J. I., & Corredor, F. (2016). *La reforma tributaria en Colombia no es estructural, ni integral ni progresiva. Revista de Economía Institucional*, 18(34), 173-200.

Leuschner, B. (1928). *Manera de determinar tarifas equitativas para la energía eléctrica. In Anales del Instituto de Ingenieros de Chile* (No. 6, pág-305).

Ley 142 de 1994, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Colombia. Recuperado de: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma>.

Ley 143 de 1994, por la cual se adicionan y dictan disposiciones orientadas a modernizar la organización y el funcionamiento de los servicios públicos domiciliarios. Colombia. Recuperado de: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma>.

Lozano-Espitia, I., & Rincón-Castro, H. (2010). *Formación de las tarifas eléctricas e inflación en Colombia. Borradores de Economía*; No. 634.

Naranjo Cárdenas, E. M. (2012). *Análisis de esquemas alternativos de subsidios para el servicio público de la electricidad en el sector residencial en Colombia por medio de simulación* (Doctoral dissertation).

Pérez-Arriaga, I. J. (Ed.). (2014). *Regulation of the power sector*. Springer Science & Business Media.

Portal XM. (2023, February). *En enero del 2023 el precio de bolsa de energía aumentó a 374.24 COP/kWh*. Recuperado de: <https://www.xm.com.co/noticias/5620-en-enero-del-2023-el-precio-de-bolsa-de-energia-aumento-37424-copkwh>

Portafolio. (2023). *Análisis: ¿por qué no bajan las tarifas de energía en el país?* Portafolio.co. Recuperado de: <https://www.portafolio.co/energia/en-colombia-por-que-no-bajan-las-tarifas-de-la-electricidad-en-el-pais-589247>

Rendón, J. J. G., & Herrera, J. V. C. (2005). *Análisis de los criterios de eficiencia económica y calidad para la determinación de las tarifas del sector eléctrico en Colombia. Ecos de Economía*, 9(21), 96-126

Salazar Franco, L. (2023). *El clima tropical y sus implicaciones sociales y ambientales en Colombia*. Periódico UNAL Medellín.

Steve J, March 31). *Conoce los costos del servicio de energía eléctrica*. ESSA; ESSA. Recuperado de : <https://www.essa.com.co/site/blog/detalle-articulo/conoce-los-costos-del-servicio-de-energ237a-el233ctrica>

Silva-Ruiz, J. (2010). *La eficiencia y la equidad en la fijación de precios de los servicios públicos, evolución de la teoría de la tarifa óptima en dos partes y el caso del servicio de agua potable*. Recuperado de: [LaEficienciaYLaEquidadEnLaFijacionDePreciosDeLosSe-5061192.pdf](#)

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (abril, 2021). *Dirección técnica de gestión de energía superintendencia delegada para energía y gas combustible*. Boletín tarifario. Recuperado de: [/www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/boletin_tarifario_energia_2_trim_2021_1.pdf](http://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/boletin_tarifario_energia_2_trim_2021_1.pdf)

Téllez-Gutiérrez, S. M., Rosero García, J., & Céspedes Gandarillas, R. (2018). *Sistemas de medición avanzada en Colombia: beneficios, retos y oportunidades*. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(2), 469-488.

Trillos-González, C. I. (2012). *Una descripción de los cargos regulados en las tarifas de energía eléctrica vigentes en Colombia en 2012* (Doctoral dissertation, Universidad EAFIT).

Vargas-Tobón, L. (2017). *Análisis económico del mecanismo de respuesta de la demanda del sector eléctrico en Colombia* (Bachelor's thesis, Universidad EAFIT).

Vélez, L., Ramírez, A., Londoño, L., Giraldo, Y., & Londoño, D. (2011). *Regulación y bienestar económico: Evaluación de la regulación de servicios públicos domiciliarios de acueducto y electricidad en Colombia en los noventa. El caso de Empresas Públicas de Medellín*. *Lecturas de Economía*, (74), 231-270. (Vélez, A., L, Y, & D., 2011)

Zapata-García, D. F. (2017). *Comparación de la tarifa de energía eléctrica colombiana para la industria exportadora*. Trabajo de grado, magister ingeniería eléctrica. Universidad de los Andes.

La seguridad del suministro eléctrico en Colombia: Una responsabilidad compartida

Miguel Humberto Betancur García

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

Para hablar de seguridad en el suministro de energía debemos entender que la seguridad energética es la capacidad de un país para satisfacer sus necesidades energéticas actuales y futuras con medios suficientes, oportunos, sostenibles y asequibles (Navarrete, 2008). Sabemos que la humanidad ya tiene una dependencia directa con la electricidad; se considera un bien irremplazable para el desarrollo, estamos tan acostumbrados a que en nuestros hogares haya energía para cada una de las acciones que realicemos en nuestro diario vivir y nunca dudamos de que este bien esté disponible, esto lleva a cuestionarnos lo siguiente: ¿Qué pasaría si en algún momento no fluye más corriente por nuestros hogares? ¿Que estamos haciendo como sociedad para asegurar el suministro presente sin arriesgar el suministro de energía futuro? La seguridad del suministro eléctrico en Colombia es un desafío que requiere la participación de todas las partes, desde el gobierno en la parte regulatoria, las empresas del sector energético las cuales hacen posible la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía que mueve el desarrollo de nuestro país, hasta los consumidores que hacen uso final de este bien que también tienen un papel fundamental dentro de la estructura del mercado eléctrico colombiano como lo define la Ley 1480 de 2011 en el artículo 3 que define los derechos y deberes que tienen los consumidores y usuarios del sector. En este ensayo, se explora cómo cada grupo juega un papel importante para garantizar un suministro eléctrico seguro y confiable, y cómo su cooperación puede ayudar a resolver los desafíos actuales y futuros del sector energético de Colombia. Teniendo de partida que en Colombia ya se han definido algunas estrategias para aumentar la confiabilidad del servicio de energía como lo ha expresado La Ley 143 en su Artículo 4 donde nos da lineamientos de cómo el Estado tiene unos objetivos claros para satisfacer las necesidades eléctricas de la comunidad con base en criterios de sostenibilidad económica y financiera.

GIPeM 06, marzo (2024)
pp. 31-39

www.gipem.co/revista-gipem
gipem_fiarman@unal.edu.co

©Derechos patrimoniales
Universidad Nacional de Colombia

Para garantizar la seguridad del suministro eléctrico teniendo en cuenta que los mercados de energía eléctrica son inestables, lo que implica riesgos para todos los participantes. La demanda puede verse expuesta a precios altos o a cortes de suministro, y los generadores pueden experimentar una gran volatilidad en sus ingresos, lo que dificulta la recuperación de sus costos fijos y aumenta el riesgo de inversión (Villareal-Córdoba, 2008), es importante implementar un conjunto de medidas regulatorias que alienten a los actores del mercado eléctrico a mantener estándares de calidad en el proceso. Esto incluye la generación y distribución de electricidad, pero también la gestión de la demanda, la eficiencia energética y la integración de fuentes de energía renovables. Los actores del mercado de la electricidad, incluidos los productores, distribuidores, comerciantes y consumidores, desempeñan un papel importante en la seguridad del suministro de electricidad. Manteniendo altos estándares de calidad que contribuyan significativamente a la confiabilidad y calidad del sistema eléctrico de Colombia. Los mecanismos regulatorios pueden contener normas técnicas como lo es el cargo por confiabilidad que se puede definir como la compra y venta de cantidades de energía firme, por medio de un modelo de subasta que busca equilibrar la oferta y la demanda de energía futura (Peñaranda, 2008) en estos mecanismos de precios o de cantidades para asegurar el suministro de energía se pueden establecer requisitos mínimos para la calidad y confiabilidad del suministro de energía. Estos estándares pueden abordar cuestiones como la calidad de la energía, la continuidad del servicio y la respuesta a interrupciones del suministro como lo pueden ser los indicadores de calidad y disponibilidad de la energía. Las medidas regulatorias también pueden incluir incentivos financieros para alentar a los actores del mercado a exceder estos requisitos mínimos. Estos incentivos pueden incluir tarifas preferenciales para los generadores que proporcionen un suministro eléctrico de alta calidad, o penalizaciones para aquellos que no cumplan con los estándares requeridos. Por último, es importante destacar que la legislación por sí sola no es suficiente para garantizar la seguridad del suministro eléctrico. También es necesario que las empresas del mercado energético adopten una cultura de calidad y mejora continua, e informen y comprendan la importancia de la seguridad del suministro energético a los consumidores. En este sentido, la educación y la sensibilización son herramientas clave para promover la adopción de prácticas de consumo energético seguras y sostenibles. Para poder hablar en propiedad de la seguridad energética en Colombia, al ser un aspecto tan amplio que conlleva a tener una estabilidad en la confiabilidad del sistema a corto, mediano y largo plazo surge la necesidad de dividir los ítems para evaluar la seguridad del suministro de energía en el sistema. La evaluación se puede dividir en 4 dimensiones; una de seguridad que se encarga de mantener el suministro de energía a corto plazo, otra de firmeza que busca mantener el suministro a mediano plazo con la infraestructura actual, otra dimensión es la adecuación del sistema que busca satisfacer la demanda futura mediante la infraestructura existente y la que se desee instalar y la última dimensión es la política de expansión que busca satisfacer la seguridad del suministro a muy largo plazo por medio de políticas energéticas (Pérez, 2013).

Para abordar los cuatro aspectos de la seguridad del suministro eléctrico y aplicarlos al caso colombiano, es importante comprender el avance que está experimentando el sector eléctrico del país en términos de confiabilidad del servicio. Esto se hizo luego de que se implementara el sistema de economía energética debido a la crisis energética ocurrida en 1991-1992. La crisis energética marcó un punto de inflexión para el sector energético de Colombia. El racionamiento del suministro eléctrico se implementó como respuesta a la crisis que dejó en evidencia la necesidad de mejorar la confiabilidad y seguridad del sistema eléctrico colombiano. Es por esto que la Constitución de 1991 estableció la competencia y la libre entrada como principios fundamentales para los servicios públicos domiciliarios. Estos principios tienen como objetivo mejorar la eficiencia y la calidad de estos servicios, lo que redundaría en beneficio de los consumidores (Bernal, 2012). Desde entonces, el sector ha trabajado arduamente para fortalecer su infraestructura y mejorar su capacidad para responder a las fluctuaciones de la oferta y la demanda. Como medida de seguridad a corto plazo, se han implementado medidas para garantizar la estabilidad del suministro eléctrico y evitar interrupciones. Esto incluye mejorar la gestión de los recursos energéticos e implementar sistemas de seguimiento y control para detectar y responder

rápida a los problemas emergentes. En materia de energía a mediano plazo, se necesitan inversiones significativas para renovar y mantener la infraestructura energética existente. Como lo dejó claro La Ley 142 de 1994 en el artículo 169 donde advierte que las empresas que no cumplan con las reglas para operar la red eléctrica nacional, que no mantengan adecuadamente las instalaciones eléctricas o que realicen acciones que violen los principios del servicio de electricidad, serán sancionadas. Por esto, se llevaron a cabo proyectos de ampliación para aumentar la capacidad de generación y distribución, mejorando la capacidad del sector para mantener la electricidad en el mediano plazo. En términos de confiabilidad del sistema, se han realizado esfuerzos para garantizar que la infraestructura eléctrica existente pueda satisfacer las demandas energéticas futuras. Esto permitió una planificación cuidadosa y una visión a largo plazo para anticipar los requisitos futuros y desarrollar soluciones adecuadas. Finalmente, a nivel de política de expansión de largo plazo, se ha desarrollado e implementado una política energética que garantiza la sostenibilidad a largo plazo no solo en las zonas interconectadas sino que también se plantean responsabilidades para la zona no interconectada del país ya que como lo establece la resolución expedida por la CREG 088 de 2012 en el capítulo ANEXO En las ZNI, el servicio de energía eléctrica es prestado por empresas de diversos tipos a un total de cerca de 267.567 usuarios. Estas políticas promovieron el uso de fuentes de energía renovables y la inversión en tecnologías de producción más eficientes y sostenibles para poder cubrir la demanda en las zonas más lejanas del territorio nacional.

Para garantizar la seguridad energética que se puede definir como la capacidad de un país para garantizar el suministro de energía de manera confiable, asequible y sostenible. Esto implica la gestión eficaz del suministro energético primario, la protección de las infraestructuras energéticas y la disponibilidad de energía suficiente para satisfacer la demanda actual y futura (Parraguez et al, 2015), es necesario centrarse en las dimensiones de firmeza y adecuación del sistema eléctrico. Estas dimensiones se refieren a la capacidad del sistema para satisfacer la demanda de energía en condiciones normales y excepcionales, y para adaptarse a los cambios en la demanda y la oferta de energía. Los mercados eléctricos han diseñado productos de confiabilidad que aseguran una cantidad de generación de energía para que esté disponible en los momentos donde se presenten fluctuaciones con la demanda. Estos productos se pueden dividir en dos mecanismos principales: mecanismos de precios, en los que se fija un precio determinado para la energía y las plantas de generación definen la cantidad de energía firme que pueden entregar al sistema; y mecanismos de cantidad, en los que el regulador pone la cantidad de energía necesaria y los generadores ponen el precio de esta energía entregada. Dentro de los mecanismos de precio podemos encontrar los pagos por capacidad que como su nombre lo indica son pagos que se le realizan a los generadores que portan a la suficiencia del sistema (Barrera, 2022) estos pagos se hacen con el fin de que las empresas generadoras inviertan en nuevas centrales de generación para asegurar una generación a largo plazo y así satisfacer la demanda futura. Dentro de los mecanismos de cantidad se pueden destacar los mercados de capacidad en donde Los generadores reciben compensación no solo por la electricidad que producen y venden en el mercado de energía, sino también por mantener una capacidad específica disponible para su uso en momentos de alta demanda (Pérez, 2013).

En cada país el regulador define productos de confiabilidad y mecanismos ya sea de precios o de cantidad para aumentar la confiabilidad en su sistema eléctrico. Colombia no ha sido la excepción, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) ha destinado mecanismos para la seguridad energética nacional en los cuales se pueden destacar el cargo por confiabilidad y también se cuenta con un plan de expansión en referencia a la generación y la transmisión dirigido por la UPME. El cargo por confiabilidad lo define la resolución 71 de 2006 expedida por la CREG en donde se indica que es una remuneración que se le paga a un generador de energía por la disponibilidad de los activos de generación con las características que le fue asignada como obligación en una subasta de energía en firme. Este mecanismo busca promover la ampliación del parque de generación de Colombia garantizando al mismo tiempo que, en caso de escasez, la energía de las plantas existentes y nuevas esté disponible a un precio efectivo para satisfacer la demanda (Acolgen, 2022). El otro mecanismo relevante dentro del mercado eléctrico colombiano es el plan de expansión definido por la UPME que tiene como objetivo analizar y planear la

expansión del sistema eléctrico estos análisis de los planes son de largo plazo y se basan en información sobre la infraestructura eléctrica actual, proyectos en construcción, con proyecciones de la demanda energética eléctrica a nivel nacional y regional.

Si bien el gobierno nacional regulatoriamente ha definido lineamientos y mecanismos para aumentar la confiabilidad del sistema eléctrico colombiano, para así asegurar el suministro de energía, se deberían impulsar paralelamente las estrategias de diversificación en la matriz de generación de energía en Colombia y no generar dependencia de sólo una fuente de energía a partir de recursos naturales que en momentos no puedan estar disponibles por escasez, ya que se puede poner en riesgo la seguridad del suministro eléctrico. Por lo tanto, es crucial explorar y promover una variedad de fuentes de energía como lo plantea la unidad de planeación minero energética (UPME) en el Plan Energético Nacional 2022-2050: El principal objetivo es reducir la dependencia de las fuentes energéticas más contaminantes, y lograr una matriz energética sostenible, lo que incide en los aspectos técnicos, económicos y sociales. En donde se podrían incluir tanto las fuentes de energía convencionales que ya están establecidas en el país como las fuentes de energía renovables que se impulsen como alternativa de generación limpia. La diversificación de la matriz energética no solo aumentaría la resiliencia del sistema eléctrico frente a posibles interrupciones del suministro, sino que también podría contribuir a la sostenibilidad ambiental al reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Además, la diversificación podría abrir nuevas oportunidades económicas y de empleo en el sector de la energía, al fomentar la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías y servicios energéticos. En este sentido, el papel del gobierno es fundamental para establecer un marco regulatorio que incentive la diversificación energética como lo expresa en La Ley 1715 de 2014 en el artículo 1 donde se establece un marco legal y los instrumentos necesarios para promover el uso de fuentes de energía no convencionales principalmente fuentes de energía renovables y promover la inversión, la investigación y el desarrollo de tecnologías limpias, para garantizar la producción, la fortaleza del sistema y la respuesta a la demanda de energía.

La seguridad del suministro de energía, aunque a menudo se percibe como una preocupación principalmente gubernamental esto se podría explicar por qué la seguridad energética contribuye a la seguridad nacional, al garantizar que el país tenga acceso a la energía que necesita para dinamizar su economía (Correa-Yusta, 2013). Esto es en realidad un asunto que afecta a todos los actores del mercado eléctrico. Esto incluye a las empresas de generación, transmisión, distribución, comercialización y, por supuesto, a los consumidores finales. Un racionamiento de energía, por ejemplo, no sólo atacaría directamente las políticas energéticas de los gobiernos de turno, sino que también tendría un impacto significativo en todos estos actores. La seguridad energética es un objetivo compartido que requiere la cooperación y el compromiso de todos los actores involucrados como lo expresan las leyes 142 y 143 de 1994 que regulan los servicios públicos domiciliarios en Colombia. La ley 142 es una ley general que aplica a todos los servicios públicos domiciliarios, mientras que la ley 143 es una ley especial que se aplica exclusivamente al sector eléctrico (Bernal, 2012). Si no se hace un trabajo mancomunado, será difícil alcanzar las metas establecidas. El mercado eléctrico colombiano ha logrado hasta ahora encontrar un equilibrio para garantizar un comportamiento normal del sistema, incluso en momentos de escasez. Sin embargo, este equilibrio es dinámico y debe ser constantemente mantenido y ajustado en respuesta a las cambiantes condiciones del mercado. A medida que pasan los años, la demanda energética aumenta en niveles significativos. La preparación del sistema para satisfacer toda la demanda futura no es sólo un trabajo gubernamental. Las empresas privadas desempeñan un papel crucial en este aspecto, ya que son ellas las que a menudo toman la decisión de invertir en nueva infraestructura. Los mecanismos de confiabilidad son inútiles si no se cuenta con empresas que respalden estas políticas. Por otro lado, tener un sistema robusto no es suficiente si las fluctuaciones en la demanda son altas y la capacidad de generación no es capaz de cubrir la demanda. Los consumidores finales también tienen un papel que desempeñar en este aspecto. La responsabilidad energética es esencial para mantener la demanda dentro de los límites manejables. En lugar de aumentar significativamente su consumo, los consumidores deben buscar la eficiencia energética.

El gobierno de Colombia, a través del Ministerio de Minas y Energía en un proyecto de resolución, ha establecido criterios de resiliencia, seguridad y confiabilidad para el suministro de energía eléctrica. Estos criterios buscan asegurar una operación eficiente, segura y confiable en las actividades del sector. Sin embargo, el aumento en la demanda de energía puede llevar a que en algunas zonas del país se opere la infraestructura de transmisión cerca de los límites de seguridad generando sobrecargas en la red con el peligro de ocasionar blackouts en el sistema este apagón ocurre de forma repentina y no da tiempo a que el sistema reaccione. Sin embargo, el proceso de restauración del sistema puede ser lento y prolongado (Robledo 2014). Esto se debe a que la infraestructura eléctrica colombiana no ha crecido al mismo ritmo que la demanda de energía. Las empresas del sector eléctrico juegan un papel crucial en la seguridad del suministro de energía. Su capacidad para generar, transmitir y comercializar energía de manera eficiente y segura tiene un impacto directo en la capacidad del país para satisfacer la demanda de energía. Sin embargo, las empresas del sector eléctrico también enfrentan desafíos, como la necesidad de adaptarse a los cambios en las condiciones técnicas, económicas, financieras y ambientales. Además, estas empresas deben lidiar con la creciente demanda de energía que, según la proyección de la demanda de energía eléctrica publicada por la UPME en junio de 2022 la demanda de energía eléctrica en Colombia podría crecer entre un 2,22% y un 3,33% cada año durante los próximos 15 años, la necesidad de mantener y mejorar la infraestructura existente, y la presión para adoptar tecnologías más limpias y sostenibles. Para superar estos desafíos y garantizar la seguridad del suministro de energía en Colombia, las empresas del sector eléctrico deben planificar cuidadosamente, gestionar de manera eficaz e invertir continuamente en tecnología e infraestructura.

La seguridad del suministro eléctrico en un mercado liberalizado como el colombiano, se presentan diferencias significativas entre países y regiones. Estas diferencias se deben a factores como la historia, la cultura, la legislación y la situación económica de cada país. Como resultado, cada mercado tiene un grado de desarrollo diferente (López, 2014). Especialmente en Colombia se presentan desafíos únicos que deben ser abordados para garantizar un suministro de energía confiable y sostenible. Uno de los principales desafíos es la coordinación entre las diferentes entidades responsables de la generación, transmisión, distribución y comercialización de la electricidad. Cada entidad tiene sus propios objetivos y prioridades, lo que puede dificultar la cooperación para garantizar la seguridad del suministro. Esto es especialmente importante en situaciones de emergencia, donde la coordinación rápida es esencial. Para abordar este desafío, es importante establecer mecanismos de cooperación y comunicación entre las diferentes entidades. Estos mecanismos pueden incluir la creación de comités de coordinación, la celebración de reuniones regulares y el intercambio de información. Otro desafío es la falta de una entidad única que se limite únicamente a ser la responsable de la seguridad del suministro. Si ocurre un fallo en el suministro, puede ser difícil determinar quién es responsable y cómo resolver el problema. Esto puede retrasar la respuesta a la emergencia y dificultar la recuperación. Este organismo debe tener la autoridad para investigar las emergencias y tomar las medidas necesarias para evitar que vuelvan a ocurrir. Además, el no hacer nada para garantizar el suministro de energía en el futuro puede ser más difícil asegurar la inversión necesaria en infraestructura para mantener la seguridad del suministro en un mercado liberalizado. Esto se debe a que las entidades individuales pueden no ver el beneficio de invertir en infraestructura, incluso si es beneficiosa para el sistema en su conjunto. Para abordar este desafío, es importante establecer incentivos para que las entidades inviertan en infraestructura. Estos incentivos pueden incluir subsidios, tarifas preferenciales o la garantía de un retorno sobre la inversión como se incentiva en La Ley 1715 de 2014 en el artículo 2 donde se busca ofrecer incentivos fiscales para fomentar la inversión, la investigación y el desarrollo en el campo de las energías renovables. Estos incentivos pueden ayudar a reducir los costos de las energías renovables y hacerlas más competitivas frente a las energías convencionales. Por último, la liberalización del mercado puede llevar a una mayor volatilidad de los precios, lo que también puede afectar la seguridad del suministro. Si los precios son demasiado bajos, puede no ser rentable para las empresas generar o transmitir electricidad, lo que podría llevar a cortes de suministro. Para abordar este desafío, es importante establecer mecanismos de estabilización de precios. Estos mecanismos pueden incluir la regulación de los precios o la creación de un fondo de estabilización.

Los consumidores finales también juegan un papel importante en la seguridad del suministro de energía eléctrica. Su responsabilidad no se limita a pagar las facturas de electricidad, sino que también incluye el uso eficiente y responsable de la energía, la gestión de la demanda de energía es una estrategia que puede utilizarse para reducir el consumo de energía en cualquier momento, no solo en situaciones de emergencia. Esta estrategia puede ayudar a las empresas y los hogares a ahorrar dinero y reducir su impacto ambiental (González-Pavas-Sánchez, 2017). El uso eficiente de la energía puede ayudar a reducir la demanda general de electricidad. Esto puede aliviar la presión sobre la infraestructura de transmisión y distribución, lo que puede ayudar a evitar situaciones en las que la infraestructura de transmisión se opere cerca de los límites de seguridad de la red. Por ejemplo, los consumidores pueden apagar las luces cuando no las estén usando, desenchufar los aparatos electrónicos cuando no estén en uso, y ajustar el termostato en verano y en invierno. Estas pequeñas acciones pueden sumar grandes ahorros de energía. Además, los consumidores pueden contribuir a la seguridad del suministro de energía al participar en programas de respuesta a la demanda. Estos programas incentivan a los consumidores a reducir su consumo de energía durante los períodos de alta demanda, lo que puede ayudar a mantener la estabilidad de la red eléctrica. Estos programas pueden funcionar de varias maneras. Por ejemplo, los consumidores pueden recibir un reembolso por reducir su consumo de energía durante los períodos de alta demanda. O, los consumidores pueden ser recompensados con descuentos en sus facturas de electricidad. Por último, los consumidores pueden desempeñar un papel en la promoción de fuentes de energía renovables y sostenibles. Al optar por fuentes de energía más limpias y sostenibles, los consumidores pueden ayudar a reducir la dependencia del país de las fuentes de energía no renovables, lo que puede contribuir a la seguridad a largo plazo del suministro de energía. Por ejemplo, los consumidores pueden instalar paneles solares en sus hogares y ser generadores distribuidos que son instalaciones de generación, almacenamiento o consumo de energía de pequeño tamaño que se encuentran cerca de los centros de consumo. Pueden ser gestionados de forma automática o manual, y están conectados a la red de distribución. Pueden inyectar energía, consumir energía o proporcionar servicios complementarios a la red de forma dinámica (Ministerio de Minas y Energía, 2021)

El sector energético colombiano es un pilar fundamental de la economía del país. Sin embargo, pese a su robustez y crecimiento constante, aún existen oportunidades para mejorar la confiabilidad y seguridad del suministro de energía como lo indica la Ley 1715 del 2014 en su artículo 42 que busca promover la investigación, el desarrollo y la innovación en el campo de las energías renovables y la eficiencia energética. Una de las áreas clave para la mejora es la evaluación y reestructuración de los mecanismos actuales utilizados para garantizar la confiabilidad del suministro. En particular, el Cargo por Confiabilidad, un mecanismo que asegura la disponibilidad de plantas térmicas de reserva, podría ser objeto de un escrutinio más riguroso. Actualmente, este cargo se paga a plantas que, en algunos casos, están obsoletas o no son eficientes ya que, en Colombia, el carbón es una fuente de energía importante, pero las plantas que lo utilizan son antiguas y poco eficientes. Esto las hace responsables de una gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero del país (Sandoval, 2023). Esto puede poner en riesgo la seguridad del suministro de energía, ya que estas plantas pueden no ser capaces de responder a picos de demanda o pueden sufrir fallas inesperadas. Por lo tanto, sería beneficioso realizar un seguimiento más minucioso del rendimiento de estas plantas y ajustar el Cargo por Confiabilidad en consecuencia. Esto podría implicar la actualización de los criterios para la asignación del cargo, con un enfoque en la eficiencia y la capacidad de respuesta de las plantas. Además, en el contexto de los planes de expansión del sector energético, es crucial garantizar que no se generen cuellos de botella entre la generación y la transmisión de energía. Esto requiere una planificación cuidadosa y una coordinación efectiva entre todos los actores del sector energético. Para evitar cuellos de botella, es importante que los proyectos de generación y transmisión estén alineados y contribuyan a una alta seguridad del suministro en el sistema eléctrico colombiano. Esto podría implicar la implementación de mecanismos de coordinación más efectivos y la adopción de tecnologías avanzadas para la gestión de la red.

La eficiencia energética es un componente crucial para la seguridad del suministro de energía y el desarrollo sostenible del sector eléctrico en Colombia. Para lograr esto, es esencial fomentar la investigación y la constante actualización del mercado eléctrico. La investigación en nuevas tecnologías y prácticas de eficiencia energética puede conducir a importantes avances que aumenten la confiabilidad del suministro de energía como lo pueden ser las redes inteligentes que utilizan tecnologías digitales para monitorear y controlar el transporte de energía eléctrica desde las fuentes de generación hasta los usuarios finales. Esto permite satisfacer la demanda de los usuarios y controlar el sistema de manera eficiente (Giral-Celedón-Galvis-Zona, 2017). Esto puede incluir el desarrollo de tecnologías de generación de energía más eficientes, la implementación de sistemas de gestión de energía avanzados y la exploración de nuevas formas de almacenamiento de energía. Además, la constante actualización del mercado eléctrico es esencial para mantenerse al día con los rápidos cambios en el sector energético. Esto puede implicar la revisión y ajuste regular de políticas y regulaciones, la promoción de la competencia en el mercado y la adaptación a las nuevas tendencias y tecnologías. Es importante destacar que la eficiencia energética no sólo mejora la confiabilidad del suministro de energía, sino que también tiene beneficios económicos y ambientales. Puede reducir los costos de energía para los consumidores y las empresas, aumentar la competitividad económica y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, es esencial que Colombia continúe invirtiendo en investigación y actualización del mercado eléctrico, con un enfoque en la eficiencia energética. Esto requerirá un compromiso sostenido de todas las partes interesadas, incluyendo el gobierno, la industria, los investigadores y los consumidores. Juntos, podemos trabajar para garantizar un suministro de energía seguro, confiable y sostenible para Colombia.

El país tiene ventajas competitivas en el mercado de la energía debido a su ubicación geográfica, su alta biodiversidad y sus recursos naturales. Estas ventajas permiten la explotación de los recursos energéticos de manera sostenible y eficiente (Gualteros-Hurtado, 2013) esto podría fortalecer significativamente el sistema eléctrico. La diversificación de la matriz energética con fuentes renovables como la solar, eólica, hidroeléctrica y biomasa puede aumentar la resiliencia del sistema frente a fluctuaciones en los precios de los combustibles fósiles y la variabilidad climática pero ya que, en la actualidad, la construcción de grandes proyectos hidroeléctricos es cada vez más difícil debido a su impacto ambiental y a los numerosos obstáculos que deben superar. Por ello, la tendencia mundial de generación de energía eléctrica se está orientado hacia las tecnologías sostenibles, que son cada vez más competitivas en términos de costos (Giraldo-Vacca-Urrego, 2018). Además, las tecnologías de generación renovable suelen tener menores costos operativos y de mantenimiento, lo que puede resultar en ahorros significativos a largo plazo. La integración de estas fuentes de energía en el sistema eléctrico también puede mejorar la eficiencia energética al reducir las pérdidas de transmisión y distribución, ya que muchas de estas tecnologías pueden implementarse a pequeña escala y cerca de los centros de demanda ya que los avances tecnológicos han hecho posible la generación de energía eléctrica a pequeña escala cerca de los centros de consumo, lo que permite aprovechar las fuentes de energía convencionales y no convencionales para satisfacer las necesidades energéticas de los usuarios (Goyeneche, 2013). Sin embargo, la integración de las energías renovables en el sistema eléctrico presenta desafíos, como la variabilidad de la generación y la necesidad de almacenamiento de energía. Por lo tanto, es esencial que se realicen inversiones en investigación y desarrollo para superar estos desafíos y maximizar el potencial de las energías renovables. En última instancia, el fortalecimiento del sistema eléctrico a través de la generación renovable contribuirá a un suministro de energía más seguro, confiable y sostenible para Colombia.

Referencias

Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica (ACOLGEN). (2022). *Análisis de la evolución del cargo por confiabilidad*.

- Barrera Merry, A. V. (2022). *Pago por capacidad: análisis frente a nuevas tecnologías de generación y almacenamiento en el sistema eléctrico nacional*. Universidad de Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/187326/Pago-por-capacidad-analisis-frente-a-nuevas-tecnologias-de-generacion-y.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bernal Ruiz, W. A. (2012). *Análisis de la responsabilidad civil de las empresas distribuidoras de la energía eléctrica en Colombia*, Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/5959/BernalRuizWilliamAntonio2012.pdf;sequence=2>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (s.f.). Resolución 088 de 2012. Colombia.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (s.f.). Resolución 71 de 2006. Colombia.
- Congreso de la República. (s.f.). *Ley 142 de 1994*, Art, 169. Obtenido de Secretaria General.
- Congreso de la República. (s.f.). *Ley 143 de 1994*, Art, 4. Obtenido de Secretaria General.
- Congreso de la República. (s.f.). *Ley 1480 de 2011*, Art, 3. Obtenido de Secretaria General.
- Congreso de la República. (s.f.). *Ley 1715 de 2011*, Art, 1. Obtenido de Secretaria General.
- Congreso de la República. (s.f.). *Ley 1715 de 2014*, Art, 2. Obtenido de Secretaria General.
- Congreso de la República. (s.f.). *Ley 1715 de 2014*, Art, 42. Secretaria General. Colombia.
- Correa Henao, G J, Yusta Loyo, J M. (2013). *Seguridad energética y protección de infraestructuras críticas*. Lámpsakos. Obtenido de <https://doi.org/10.21501/21454086.1312>
- Giral Ramirez, W M. Celedón Flórez, H J. Galvis Restrepo, E. Zona Ortiz, A T. (2012). *Redes inteligentes en el sistema eléctrico colombiano: Revisión de tema*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.3.a08>
- Giraldo, Vacca, Urrego. (2018). *Las energías alternativas ¿una oportunidad para Colombia? . Escuela de Negocios, Gestión y Sostenibilidad*. Obtenido de <https://doi.org/10.15765/pdv.v9i13.1117>
- González, O. Pavas, A. Sanchez, S. (2017). *Cuantificación del ahorro de energía eléctrica en clientes residenciales mediante acciones de gestión de demanda*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5537/553757146021/html/>
- Goyeneche Rojas, P. (2013). *Análisis de integración de generación distribuida en redes de baja tensión*. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/113676>
- Gualteros, Martha Viviana. Hurtado, Enrique. (2013). *Revisión de las regulaciones e incentivos para el uso de las energías renovables en Colombia*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7512708.pdf>
- Lopez Arias, A. (2014). *Comportamiento del mercado eléctrico colombiano por los intercambios de electricidad regional con la Comunidad Andina de Naciones CAN y caso de estudio con Ecuador*. Obtenido de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2369/T.G._Alejandro%20L%C3%B3pez%20Arias.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). Lineamientos de política de recursos energéticos distribuidos y areneras regulatorias 2021. Colombia.

Navarrete, J. E. (2008). "Seguridad energética, ¿para quién?". *La Jornada*. Obtenido de <https://www.jornada.com.mx/2008/05/29/index.php?section=opinion&article=022a1pol>

Parraguez Kobek, M. L., Ugarte Ortega, A. Campero Aguilar, G. (2015). *La seguridad energética en la geopolítica estadounidense del siglo XXI*. Revista *Enfoques: Ciencia Política y Administración Pública*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=96043202007>

Peñaranda Rincón, L. (2008). *Valoración del cargo por confiabilidad - instrumento derivado creado para garantizar el suministro de energía eléctrica en Colombia*. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/d18d2ad7-7770-40b9-bb33-0b2703f9ac0b/content>

Pérez Arriaja, J. I. (2013). *Regulation of the Power Sector*. Springer.

Robledo Montealegre, J. F. (2014). *Análisis de colapsos en sistemas eléctricos de potencia*. Obtenido de : <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/3322aa79-89f4-4db7-9849-f194995228c3/content>

Sandoval Romero, W. (2023). *Implicaciones de la transformación de la canasta eléctrica nacional en el consumo de carbón proveniente del centro del país y su impacto en las regalías percibidas por los municipios productores de dicho mineral en Cundinamarca y Boyacá*. Obtenido de <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/20747/ARTICULO%20PUBLICABLE%20WILSON%20SANDOVAL%20VF.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (s.f.). *Proyección de la demanda eléctrica, gas natural y combustibles líquidos 2022-2036*. Colombia.

Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (s.f.). *Plan Energético Nacional 2022-2050*. Colombia.

Villareal Navarro, J. Córdoba de la Rosa, M. (2008). *Incentivos y estructura del nuevo cargo por confiabilidad en el sector eléctrico en Colombia*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/29126/15128-45796-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Perspectivas del mercado intradiario en el sector eléctrico colombiano

Brayan David Candamil Arango

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

En el actual escenario del mercado eléctrico colombiano, se destaca un enfoque de mercado mayorista que ha desempeñado un papel fundamental en fomentar la competencia y la eficiencia en la asignación de recursos eléctricos. Aunque mecanismos como la subasta diaria y el mercado de contrato bilateral permiten la participación de los agentes del mercado en la formación de precios y la gestión de la oferta y la demanda a corto plazo, es relevante examinar detenidamente cómo esta estructura ha contribuido al desarrollo y funcionamiento del sector eléctrico en Colombia. Este enfoque se originó a partir de la reforma eléctrica de 1994 (Leyes 142 y 143), que estableció el mercado eléctrico mayorista en Colombia como un entorno competitivo para generadores, transmisores, distribuidores, comercializadores y grandes consumidores o usuarios no regulados. La regulación de este mercado recae en la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), que establece las normas que rigen su funcionamiento, proporcionando así un marco regulatorio para el desarrollo y la operación de este mercado competitivo en el país. Al mismo tiempo, en el presente ensayo se destaca la conveniencia del mercado intradiario como una medida para mejorar la eficiencia del sistema eléctrico en Colombia. A pesar de los desafíos que plantea su implementación, como la mitigación del poder de mercado y la participación de la demanda, se reconoce que este enfoque ofrece flexibilidad y adaptabilidad, lo que lo convierte en una alternativa atractiva y aplicable para el mercado eléctrico colombiano (XM, 2019) (El Congreso de Colombia, Ley 143 de 1944, 1994).

La Bolsa de energía, subasta de corto plazo, es un mecanismo utilizado en los mercados mayoristas de electricidad para determinar los precios y la cantidad de energía que se negociará para un período de tiempo, que en el caso de Colombia actualmente opera para las 24 horas del día siguiente. En este proceso, los agentes del mercado, como generadores y comercializadores, presentan ofertas y demandas de energía eléctrica y el

GIPEM 06, marzo (2024)
pp. 40-47
www.gipem.co/revista-gipem
gipem_fiarman@unal.edu.co
©Derechos patrimoniales
Universidad Nacional de Colombia

operador del mercado, en el caso específico de Colombia, es la Compañía de Expertos en Mercados – XM, es el operador del precio al que se negociará la energía y la cantidad que se comprará o venderá según la mejor oferta disponible. Mecanismo que permite a los participantes del mercado ajustar sus posiciones de compra y venta de energía en función de las condiciones del mercado. Un mecanismo que busca ser transparente para la asignación de recursos, permitiendo que los participantes oferten y compren electricidad de manera eficiente. Este proceso de subasta diaria se ha implementado con la finalidad de facilitar la competencia y garantizar la asignación equitativa de recursos entre los diversos actores del mercado eléctrico colombiano (XM, 2019) (Pérez-Arriaga, 2013) (CREG, 1995).

Un elemento clave para asegurar la objetividad de las entidades a cargo de este proceso es el periodo de anonimato de un mes asociado con las ofertas. Durante este tiempo, la identidad de los generadores detrás de las ofertas permanece confidencial, siendo conocida únicamente por el operador del mercado. Este período de anonimato garantiza imparcialidad y transparencia, al prevenir cualquier influencia externa y permitir que las ofertas sean evaluadas exclusivamente en función de sus méritos económicos. Así, este enfoque contribuye a fortalecer la integridad y la equidad en el mecanismo de subasta de la Bolsa de energía. Esta precaución en el manejo de la información no solo salvaguarda la equidad del proceso de subasta, sino que también confiere confianza en la integridad del sistema. Al preservar la identidad de los generadores durante un mes. La confidencialidad del periodo de anonimato posibilita que las ofertas sean evaluadas de manera objetiva y exclusivamente en función de sus méritos económicos, sin interferencias externas. Consolidando un sistema que tiene una transparencia y fomenta la equidad en las operaciones de la Bolsa de Energía. En consecuencia, el periodo de anonimato se erige como un componente esencial que fortalece la resiliencia y la imparcialidad en este mecanismo clave del mercado eléctrico (XM, 2019).

Por otra parte, los contratos bilaterales representan acuerdos entre generadores y comercializadores, formalizando la transacción de energía según condiciones pre negociadas de manera libre, abarcando aspectos como precios, cantidades y términos específicos. Dentro de este marco contractual, se delimitan minuciosamente las condiciones cuantitativas, los precios y los plazos de entrega, otorgando un sólido entorno jurídico que trasciende las variaciones intrínsecas del mercado mayorista. La singularidad de estos acuerdos radica en su capacidad para conferir estabilidad y previsibilidad a los generadores como a comercializadores, mitigando los riesgos asociados con la volatilidad de los precios en los horizontes temporales a corto y largo plazo. Estos instrumentos contractuales facultaran a los agentes involucrados, a anticipar la adquisición de energía, reduciendo así su exposición a la variabilidad de precios en la bolsa de energía. En esencia, estos contratos constituyen una forma de cobertura teniendo en cuenta que ésta está asociada a la expansión de las redes eléctricas y logra asegurar el precio de la energía durante un período predeterminado, proporcionando estabilidad y previsibilidad, aspectos esenciales tanto para comercializadores como para generadores de electricidad. Adicionalmente, los contratos bilaterales desempeñan un papel vital en la planificación estratégica de la capacidad de generación y la gestión de la demanda. Los comercializadores pueden garantizar un flujo constante de energía, asegurando la continuidad operativa, mientras que los generadores encuentran vía segura para asegurar de su producción (Pérez-Arriaga, 2013) (Echavarría, 2017).

La generación distribuida se caracteriza por la producción descentralizada de energía eléctrica en una escala reducida y en proximidad a los centros de consumo, en el caso de Colombia ésta hace referencia a plantas menores que tienen como máximo 0,1 MW de capacidad instalada y se encuentran conectadas al sistema de distribución local. A diferencia de los modelos tradicionales centrados en grandes plantas de energía. La generación distribuida permite a los usuarios finales convertirse en generadores de energía al generar electricidad mediante diversas fuentes, que van desde energías renovables como módulos solares fotovoltaicos o turbinas eólicas hasta fuentes convencionales como combustibles fósiles. La esencia fundamental de la generación distribuida se encuentra en la capacidad

que adquieren los consumidores para generar su propia energía, desempeñando en la reducción de pérdidas en la transmisión al producir la energía en las cercanías del lugar de consumo (Gutiérrez, 2021) (CREG 030, 2018)

La gestión de la demanda eléctrica en Colombia actual enfoca en la implementación normativas para lograr un equilibrio acertado entre la oferta de energía eléctrica y la demanda de esta en el país. Este enfoque se extiende a la supervisión y regulación del mercado eléctrico mayorista, con la finalidad de impulsar la competencia entre los actores, es decir entre generadores y también con los comercializadores entre otros, se garantiza en teoría una provisión energética eficiente y asegurar la confiabilidad del sistema eléctrico. Además, se busca concretar un mercado que donde se incluyan diversos compromisos y ajustes diarios, basado en un despacho de energía eléctrica que sea optimizado, respaldado por una fijación de precio justa y eficaz. Se debe fomentar la participación activa de los usuarios finales que representarían la demanda y promover la adopción de tecnologías innovadoras. Si aplican medidas específicas para mitigar el poder de mercado y estimular la participación de la demanda en la gestión efectiva de la energía eléctrica en el país. (CREG 143, 2021) (CREG- 114, 2021).

La progresión en la gestión del consumo del usuario final en cuanto a energía eléctrica en Colombia ha experimentado un notorio avance recientemente, marcada por la implementación de medidas regulatorias y estrategias destinadas a equilibrar eficazmente la generación eléctrica y el consumo de esta en el país. Es importante recordar que el Ministerio de Minas y Energía ha presentado un proyecto de resolución que se enfoca en fijar nuevas reglas aplicables al mercado de energía. El propósito de este proyecto es promover la competencia y asegurar la disponibilidad de una oferta energética eficiente. Este cambio responde a la creciente importancia de la participación activa de los usuarios finales, evidenciada por la integración de innovadoras herramientas como la generación distribuida y el uso de sistemas de almacenamiento de energía eléctrica. Estas herramientas no solo empoderan a los usuarios finales para desempeñar un papel más activo en la gestión de su consumo de energía, sino que también contribuyen a la estabilidad y eficiencia del sistema eléctrico. Además, la Resolución No. 143 de 10 de septiembre de 2021 de la GREG propone nuevas reglas comerciales para el mercado mayorista, buscando modificar el funcionamiento del mercado para realizar ajustes diarios, y que la programación de estos ajustes se realice con base un despacho optimo energía. Estas medidas aspiran a garantizar la eficiencia y confiabilidad del sistema eléctrico en Colombia, mediante una gestión óptima de la demanda de energía (CREG 143, 2021).

La demanda operativa es importante dado que se usa para anticipar el consumo energético en cada subárea de Colombia. Este pronóstico es fundamental para la operatividad diaria dado que al estimar el valor de la demanda que se requiere, se asegura una planeación de la energía a contratar, siendo importante para el proceso de despacho, encargado de la asignación estratégica de la generación de energía eléctrica. No obstante, esta asignación no se restringe exclusivamente a la demanda operativa; también se contempla la consideración de los precios ofrecidos por los generadores, así como otras restricciones, tanto eléctricas como operativas, que puedan surgir en el sistema. Dentro de este escenario se hace importante recordar el comportamiento de la demanda de energía en Colombia puesto que exhibe variaciones significativas que se asocian con los distintos días de la semana. Durante los días laborables, se observa un consumo promedio, mientras que los sábados presentan un patrón particular de consumo. Por otro lado, los domingos y festivos exhiben un consumo similar de energía eléctrica. Además, la curva de demanda de energía se caracteriza por la madrugada (05:00 a 07:00), punta uno (11:00 a 13:00) y la punta dos (18:00 a 21:00), siendo este último periodo el de mayor consumo de potencia eléctrica en el país. La gestión efectiva de esta variabilidad se vuelve aún crucial al considerar las implicaciones que las puntas de demanda pueden tener en la infraestructura y operación del sistema eléctrico (XM, 2021).

La demanda de energía eléctrica en momentos de máxima exigencia es decir los picos de demanda

pueden ocasionar tensiones significativas en la infraestructura de generación, transmisión y distribución, dando lugar a posibles sobrecargas y aumentos en los costos operativos del sistema eléctrico. Por ejemplo, durante picos de demanda, puede ser necesario recurrir a la operación de instalaciones de generación adicionales o activar unidades de generación menos eficientes, lo que implica un aumento en los costos de operación y mantenimiento. Asimismo, satisfacer la demanda en periodos críticos con fuentes de energía menos eficientes o más costosas puede tener consecuencias negativas para la sostenibilidad y eficiencia del sistema eléctrico, como un mayor consumo de combustibles fósiles o la activación de plantas con mayores emisiones de gases de efecto invernadero (Parejo Matos et al, 2018).

Los desafíos asociados con los picos de demanda plantean dificultades para la gestión eficiente del sistema eléctrico, ya que la generación tradicionalmente no se adapta de manera óptima a las fluctuaciones de la curva de consumo. Esta situación genera la necesidad de dimensionar excesivamente la capacidad de generación o implementar costosos sistemas de almacenamiento de energía. No obstante, una solución emergente para abordar este problema es la adopción de sistemas de "Demand Response" (DR), los cuales posibilitan la adaptación dinámica del consumo energético del cliente según los requerimientos de la red eléctrica. Estos sistemas de RD transforman el consumo del cliente en un recurso controlable por el operador del sistema de distribución, permitiéndole solicitar reducciones específicas en el consumo durante determinados periodos, ofreciendo a cambio incentivos económicos al cliente. Este enfoque no solo resulta beneficioso para las compañías eléctricas al mejorar la eficiencia operativa del sistema, sino que también aporta ventajas tangibles a los usuarios al proporcionarles la oportunidad de participar activamente en la gestión y optimización del consumo energético (Parejo Matos et al, 2018).

La introducción de un mercado intradiario en el contexto del mercado eléctrico colombiano se presenta como una alternativa altamente atractiva y aplicable. Se destaca la importancia de tener en cuenta diversos aspectos, tales como la proyección de la demanda, las ofertas del día anterior, las restricciones de red, las características técnicas, las indisponibilidades, el redespacho y la demanda real. Sin olvidar la necesidad imperante de flexibilidad en el mercado de electricidad para hacer frente a los cambios repentinos en las necesidades de generación, especialmente ante la incertidumbre introducida por las fuentes de energía renovable. su operación, los operadores se encuentran constantemente monitoreando la oferta y la demanda de energía, realizando transacciones para equilibrar el sistema en tiempo real. Este proceso involucra la compra o venta de energía adicional para hacer frente a picos de demanda imprevistos o para aprovechar la disponibilidad de energía proveniente de fuentes renovables. Además, se efectúan ajustes en la programación de la generación con el objetivo de optimizar la eficiencia del sistema y minimizar los costos de operación (CREG 143, 2021) (CREG- 114, 2021) (Cortes, 2018).

La participación activa de los consumidores en la gestión de la demanda en un mercado intradiario implica que estos adquieran la capacidad de ajustar dinámicamente su consumo de energía en respuesta a las condiciones del mercado y a las señales de precios. Este enfoque no solo contribuye a la eficiencia general del sistema eléctrico, sino que también otorga a los usuarios la oportunidad de gestionar sus costos energéticos de manera más efectiva. La participación de la demanda se realizaría mediante la declaración de cantidades horarias de demanda por parte de los comercializadores con demanda perfectamente inelástica. Estos comercializadores, incluyendo tanto a usuarios regulados como no regulados, deberían informar al Centro Nacional de Despacho las cantidades horarias de demanda. (CREG-114, 2021) (Cortes, 2018).

Un ejemplo concreto de cómo un usuario podría beneficiarse de conocer los diferentes precios a diferentes horas del día es mediante la planificación del uso de distintos electrodomésticos clave, como la lavadora, la secadora y la plancha de ropa. Si se plantea un escenario donde el usuario final, en este caso residencial tiene la flexibilidad de programar estos electrodomésticos para darles un uso en

momentos específicos. Si el usuario residencial está informado sobre las distintas variaciones que existirían en los precios de la electricidad a lo largo del día y noche, podría optimizar el uso de estos electrodomésticos durante las horas de menor costo. Si el precio de la electricidad es más bajo durante la noche, el usuario podría programar el lavado de ropa y secado de la ropa para ese período, evitando así las horas pico en la curva de demanda que es cuando los precios son más elevados. Esta estrategia no solo permitiría al usuario reducir sus costos energéticos asociados con estos electrodomésticos, sino que también contribuiría a la gestión eficiente de la demanda eléctrica al distribuir la carga de consumo a lo largo del día. (Instituto de Investigación Tecnológica. IIT, 2018) (Cortes, 2018)

En el ámbito industrial, se observaría un comportamiento similar, ya que el conocimiento de los diferentes precios de la electricidad a lo largo del día puede ser crucial para minimizar los costos operativos y maximizar la eficiencia energética. Consideremos una fábrica que opera una línea de producción con maquinaria intensiva en el consumo de energía. Al estar al tanto de las variaciones en los precios de la electricidad durante las distintas horas, la fábrica podría implementar estrategias para reducir sus gastos energéticos. Si se asume que los precios de la electricidad son más bajos durante las horas de la madrugada debido a una menor demanda en ese período. La fábrica podría programar tareas de alto consumo energético, como procesos de manufactura intensivos, durante esas horas de menor costo. Esto no solo le permitiría a la fábrica ahorrar en costos de electricidad, sino que también contribuiría a evitar cargas significativas en la red durante las horas pico, mejorando así la estabilidad del sistema eléctrico. Al aplicar estrategias de gestión de la demanda basadas en la variabilidad de los precios, la fábrica no solo lograría ahorros económicos, sino que también podría contribuir a la sostenibilidad del sistema eléctrico al distribuir de manera más equitativa la carga de energía a lo largo del día. Este enfoque no solo responde a las dinámicas de mercado, sino que también se alinea con prácticas más eficientes y sostenibles en el consumo de energía industrial (Cortes, 2018) (Instituto de Investigación Tecnológica. IIT, 2018).

En este contexto, los mercados intradiarios de energía no solo se destacan por su papel fundamental en la eficiencia operativa del sistema eléctrico, sino que también ofrecen ventajas estratégicas para las compañías generadoras de electricidad y los consumidores. Una de las características distintivas de estos mercados es su capacidad para informar a los clientes sobre el precio de la energía según las diferentes horas del día. Durante las horas pico, la energía se presenta como un recurso más costoso, mientras que durante las horas valle, se beneficia de tarifas más económicas. Este enfoque ha demostrado ser estadísticamente eficaz, logrando hasta un 7 % de aplanamiento de la curva de demanda, lo que representa una contribución significativa a la estabilidad del sistema eléctrico. La aplicación efectiva de técnicas de DR tiene el potencial de reducir los picos de demanda, mitigando así la necesidad de sobredimensionamiento del sistema eléctrico y disminuyendo las inversiones requeridas en instalaciones de generación, transporte y distribución y con estudios como los realizados por (Parejo Matos et al, 2018) refuerzan la idea de que los mercados intradiarios no solo optimizan la operación diaria del sistema eléctrico, sino que también promueven prácticas innovadoras que mejoran la eficiencia y la sostenibilidad a largo plazo del sector energético (Cortes, 2018).

En contraste con las ventajas que ofrecen los mercados intradiarios en el sector energético, también es crucial examinar los desafíos significativos que plantean a la eficiencia y estabilidad del sistema a largo plazo. Estos desafíos abarcan varios aspectos críticos, desde la toma de decisiones basada en señales de precios hasta la falta de medidas de mitigación del poder de mercado y la participación activa de la demanda. La toma de decisiones basada en señales de precios oportunas emerge como un elemento esencial para la eficiencia operativa del mercado intradiario. La falta de estas señales puede obstaculizar la capacidad de los participantes para ajustar dinámicamente sus estrategias, afectando directamente la eficiencia del sistema energético. Es crucial establecer mecanismos efectivos para garantizar una coordinación adecuada en la prestación de estos servicios esenciales. Además, la falta de medidas de mitigación del poder de mercado y la ausencia de mecanismos para la participación activa de la demanda representan desafíos adicionales. Estas limitaciones pueden comprometer la eficiencia

y competitividad del mercado energético, subrayando la necesidad de abordar estas cuestiones de manera integral, por tanto, aunque los mercados intradiarios ofrecen flexibilidad y adaptabilidad, enfrentan desafíos sustanciales que van desde la toma de decisiones hasta la falta de medidas de mitigación del poder de mercado. Abordar estos desafíos es esencial para lograr un funcionamiento eficiente y equitativo del mercado energético a medida que evoluciona hacia un futuro más sostenible y dinámico (CREG-114, 2021), (Cortes, 2018).

Para establecer mercados intradiarios en Colombia, no basta con definir sesiones intradiarias; también es crucial implementar herramientas como el despacho programado bajo nuevas regulaciones. Estudios en el sector energético han identificado diversos problemas que podrían tener consecuencias adversas a corto plazo en el mercado eléctrico colombiano, como la falta de herramientas para ajustar la programación y la operación en tiempo real, entre otros aspectos. En este contexto, se sugiere un diseño de mercado más adecuado para los objetivos colombianos: un mercado eléctrico de múltiples liquidaciones. Esto implica realizar liquidaciones financieras en diferentes momentos a lo largo del día, permitiendo ajustes y correcciones entre la operación real y el despacho programado. Esta flexibilidad facilita la gestión eficiente de los recursos energéticos y la integración de fuentes de energía renovable, respaldando la implementación de mercados intradiarios. Este diseño promueve la disciplina en el despacho programado y facilita cambios de posición en periodos cercanos a la operación para aprovechar los recursos más económicos (Cardona, 2021) (CREG-114, 2021)

Hasta la fecha, la ejecución de un mercado intradiario en Colombia se ha visto postergada debido a diversos factores que demandan un enfoque cauteloso y una planificación detallada. Entre estos factores, destaca la necesidad de llevar a cabo estudios exhaustivos y simulaciones para evaluar la viabilidad y los posibles impactos de su implementación en el mercado eléctrico colombiano. Además, la introducción de cambios en el entorno eléctrico requiere un proceso meticuloso de consulta y análisis con los diferentes actores del sector, considerando aspectos regulatorios, técnicos y económicos para garantizar una transición eficiente y equitativa. Es necesario tener en cuenta que la implementación de un mercado intradiario implica una transformación significativa en la operación del mercado eléctrico colombiano. Por tanto, se hace necesario realizar un análisis detallado que aborde los posibles beneficios, desafíos y riesgos asociados con su implementación. Además, se debe considerar la coordinación con otros mercados y la adaptación a estándares internacionales para asegurar la compatibilidad y eficiencia en la interacción con sistemas eléctricos regionales. (Cardona, 2021).

Con base en el análisis presentado, se destaca la importancia de la eficiencia, la competencia y la gestión de la demanda en el contexto del mercado eléctrico colombiano. La introducción de mercados intradiarios se propone como una medida concreta para potenciar la eficiencia del sistema eléctrico; no obstante, se reconoce la necesidad de abordar desafíos significativos, como la mitigación del poder de mercado y la participación de la demanda. Se enfatiza la relevancia de llevar a cabo un análisis detallado y consultas exhaustivas con los diversos actores del sector para asegurar una transición eficaz y equitativa. También se destaca la importancia de la administración de la demanda de energía eléctrica en Colombia, orientada a implementar medidas y normativas que permitan equilibrar de manera eficiente la oferta y la demanda de energía en el país. Se busca establecer mercados intradiarios, fundamentados en un despacho optimizado de energía y servicios complementarios, respaldados por una fijación de precios eficiente y orientados a fomentar la participación activa de la demanda, así como la incorporación de tecnologías innovadoras. La progresión en la administración de la demanda de energía eléctrica en Colombia ha experimentado un notable avance recientemente, marcado por la implementación de medidas regulatorias y estrategias destinadas a equilibrar eficientemente la oferta y la demanda de energía eléctrica en el país.

Referencias

- Alejandro Gutiérrez, J. J. (2021). *Fuentes de Energía Renovable, Recursos Energéticos Distribuidos y Almacenamiento en Colombia: una revisión de la normatividad*. MEDELLIN: Universidad EAFIT.
- Cardona, e. a. (2021). *Determinación de los principales elementos para el diseño de un mercado intradiario en Colombia*. Pereira: UTP- Universidad Tecnológica de Pereira.
- Congreso de la República. (20 de Junio de 2016). *Red Jurista*. Recuperado el 2023 de Diciembre de 3, de www.redjurista.com:
https://www.redjurista.com/Documents/ley_143_de_1994_congreso_de_la_republica.aspx#/
- CREG. (18 de diciembre de 2009). *Resolución No. 183. Por la cual se adoptan reglas relativas al cambio de usuarios entre el mercado no regulado y el mercado regulado y se adoptan otras disposiciones.*, 4. (CREG, Ed.) Bogotá, Cundinamarca, Colombia: CREG. Recuperado el 28 de noviembre de 2023, de <https://gestornormativo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/1537b9d298788e2b0525785a007a7218.html#:~:text=La%20Ley%20143%20definió%20el,realizan%20a%20precios%20acordados%20libremente.>
- CREG 030. (1 de 3 de 2018). *Resolución No. 030 de 2018. Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional*. Bogotá, Colombia: CREG.
- CREG 143. (10 de 9 de 2021). *CREG143-2021. Por la cual se ordena hacer público un proyecto de resolución de carácter general, "Por la cual se establecen las reglas comerciales del Mercado de Energía Mayorista en el Sistema Interconectado Nacional, que hacen parte del Reglamento de Operación"*. Bogotá, Colombia: CREG.
- CREG-114. (2021). *Modernización del mercado de energía mayorista (Despacho vinculante, mercados intradiarios y servicios complementarios)*. Bogotá: CREG.
- CREG. (24 de JULIO de 1995). *Resolución 024 de 1995. Por la cual se reglamentan los aspectos comerciales del mercado mayorista de energía en el sistema interconectado nacional, que hacen parte del Reglamento de Operación.*, 55. Bogotá: CREG.
- Instituto de Investigación Tecnológica. IIT. (2018). *Estudio para la modernización del despacho y el mercado spot de energía eléctrica - despacho vinculante y mercados intradiarios*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- Ortiz Echavarría, Mariana, Londoño Aristizábal, Nicolás. *Análisis del mercado de contratos del MEM en Colombia durante el último fenómeno de El Niño (2015-2016)*. Eafit.edu.co. Published 2017. Accessed March 21, 2024. <https://repository.eafit.edu.co/items/36cbdf4c-a07f-42d9-9006-5ca5e2e4a747>
- Parejo Matos et al, R. H. (2018). *V Jornada de Investigación y Postgrado en la EPS (2018)*, pp. 55-63. *Ponencias. Ventajas de la gestión activa de la demanda (Demand management) en el control de Smart- grids*, 9. Sevilla, España: Área de Innovación y Desarrollo,S.L. ¿Obtenido de https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/88895/parejo-matos_ponencia_sevilla_2018_ventajas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pérez-Arriaga, I. J. (2013). *Regulation of the Power Sector*. London: Springer-Verlag.

Secretaría de Habitat. (3 de octubre de 2001). *Alcaldía de Bogotá*. Recuperado el 4 de Diciembre de 2023, de <https://www.habitatbogota.gov.co/transparencia/normatividad/leyes/ley-697-2001#:~:text=Mediante%20la%20cual%20se%20fomenta,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones>.

UPME (2022). *Resolución 319 de 2022. Por la cual se establece la lista de bienes y servicios para proyectos de generación de energía eléctrica a partir de FNCE*. Recuperado de: https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PROURE/Documento_PROURE_2022-2030_v4.pdf

XM- *Expertos en mercados*. (2019). XM, *Expertos en energía*. Recuperado de: [https://www.xm.com.co/herramientas/preguntas-frecuentes#:~:text=La%20Bolsa%20de%20Energía%20\(mercado,del%20precio%20de%20corto%20plazo](https://www.xm.com.co/herramientas/preguntas-frecuentes#:~:text=La%20Bolsa%20de%20Energía%20(mercado,del%20precio%20de%20corto%20plazo).

Modernización de la distribución ¿un reto o un imposible?

Harold Esneider Pantoja Villota

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

El sistema eléctrico colombiano se encuentra compuesto por cuatro pilares, cuatro actividades encargadas de permitir que en cualquier hora del día se pueda encender un bombilla, utilizar un computador, cargar un celular y realizar trabajos que dependen necesariamente de un suministro eléctrico para llevarse a cabo, como seguridad y procesos industriales; estas actividades son la generación, transmisión, distribución y comercialización, una cadena que permite el desarrollo de una región y eleva la calidad de vida de sus habitantes. Entre estas, la distribución es un área en continuo crecimiento, no solo a nivel de cantidad de redes, sino en términos de innovación, pues su cercanía con el uso final le obliga a ser una actividad que además de llevar la energía eléctrica hasta residencias, comercios e industrias, debe lograr que esta energía entregada sea eficiente y de calidad. Es por lo anterior por lo que la implementación de nuevas medidas para responder a la demanda, pueden llevar a que el sistema mejore su eficiencia, que, a su vez, en términos económicos puede llevar a que el usuario final reciba señales positivas con respecto a las tarifas que debe cancelar. En ese sentido, ante la existencia de retos como la generación distribuida, la necesidad de confiabilidad de la red y calidad del servicio, aparecen soluciones como la gestión de la demanda y las redes inteligentes, pero ¿Qué tan lejos estamos de poder implementar esas soluciones que lleven a considerar la distribución como una actividad de bajo riesgo y con alta confiabilidad?

GIPEM 06, marzo (2024)
pp. 48-54
www.gipem.co/revista-gipem
gipem_fiarman@unal.edu.co
©Derechos patrimoniales
Universidad Nacional de Colombia

Resulta que existe una dualidad particular en el sector de la distribución, pues, al considerarse como un monopolio natural, su regulación se enfoca en establecer condiciones a la inversión realizada, es decir, que se genera un conflicto entre la necesidad de mejorar las redes de media y baja tensión, y las limitaciones que se les dan a los distribuidores para que dichas mejoras no vayan en contravía del costo final que se le cobra a los usuarios residenciales, comerciales e industriales (I-Pere-Arriaga, 2013). Por lo anterior, ya se encuentra un primer gran reto, que radica en el área económica del sector, pues independientemente del funcionamiento del mismo, la regulación siempre busca el equilibrio entre la

utilidad del distribuidor y el beneficio social del consumidor, pero ¿De qué manera se puede lograr este equilibrio sin afectar la inversión en tecnología e innovación? La respuesta aparece en los esquemas de remuneración por incentivos, en los cuales se tiene en cuenta la existencia de un costo por inversión, pero se diferencia en que este busca que las empresas utilicen su dinero de la forma más eficiente y por esto, los incentivos se basan en maximizar las utilidades de la empresa, con un nivel de inversión razonable y cumpliendo con un límite de ingresos establecido, proporcional a la propuesta de inversión presentada durante los periodos tarifarios y con lo cual se consideran metas que determinan un incentivo o una penalidad (CREG, 2014).

Por otro lado, se encuentran los retos técnicos, un conjunto de desafíos que aparecen con la finalidad de dar solución a los problemas eléctricos que afectan la red, encontrando de primero la sobrecarga a la que se someten los sistemas durante las horas pico de demanda y para lo cual se ha presentado una posible solución, la gestión de la demanda. Una de las principales áreas que se referencia cuando se habla de esta solución es el tema tarifario, pues son los comercializadores los encargados de realizar el cobro de la energía, teniendo en cuenta los costos de cada una de las actividades de la cadena del suministro eléctrico (CREG, 2007). Este cobro particularmente se desvincula de la curva de demanda que se tiene en el país, es decir, el consumo en horas valle como las de la madrugada será cobrado de la misma manera que el realizado durante horas pico, por ejemplo, alrededor de las siete de la noche (CREG, 2020). Entonces, la propuesta que nace por medio de la gestión de la demanda se basa en la implementación de un cobro de energía horario, de tal manera que se constituya una relación entre el costo de energía y la demanda durante periodos de una hora, con lo cual se lograría establecer un mayor cobro para horas de alto consumo, pero un cobro bajo para horas de poca demanda, creando un incentivo para que el usuario distribuya de una forma diferente la energía eléctrica utilizada (CREG, 2020). Lo anterior constituye una manera de hacer del consumidor un participante más activo dentro del sistema, impulsando la apropiación por el consumo responsable y los efectos inherentes a este cambio, como el tema ambiental y la reducción de centrales de generación trabajando de forma simultánea (Sergio. N, 2020).

Esta propuesta de esquema tarifario tiene un primero objetivo de lograr un acercamiento del usuario hacia el conocimiento de lo que abarca el cobro por energía consumida, pues particularmente los usuarios no tienen conocimiento del tipo de cobro que se hace, a pesar de los derechos expresos que existen para que esta información sea compartida o en su defecto entregada de forma oportuna, por parte de las empresas prestadoras del servicio (CREG, 1997). Además, con el conocimiento previo, el usuario está en capacidad de determinar el modo de uso de la energía eléctrica y es ahí donde la aplicación de un esquema tarifario cobrado de manera horaria puede conseguir su principal objetivo, la reducción de la cargabilidad del sistema en momentos específicos; como ha ocurrido en México, con la implementación de un esquema tarifario compuesto por tres tipos de cobro. Un primer esquema de carácter fijo, en el cual se realiza el pago de consumo de energía por medio de la operación entre un costo fijo por kWh y la cantidad de energía consumida. Luego, se encuentra un segundo esquema, objeto de aplicación de un modelo de gestión de la demanda, conocido como esquema tarifario por horario, en el cual se realiza el cobro de la energía de acuerdo con la hora del día en la que se consuma, además del día de la semana en el que se esté realizando la lectura del consumo; aquí se definen horarios base, intermedios y de punta para cada día, con costos incrementales respectivamente. Por último, se encuentra un tercer esquema conocido como tarifario escalonado, también enfocado en fomentar el consumo responsable, aplicado de acuerdo a tres rangos de consumo, en los cuales se puede encontrar el cliente; Los rangos se establecen hasta un determinado valor de kWh consumido, de tal manera que el rango básico lleva un costo de energía bajo, el rango intermedio, un valor de energía mayor que el anterior y el rango excedente conlleva un costo de la energía que cobra por cada kWh adicional al límite del rango intermedio (RES, 2021).

De acuerdo con lo anterior, la gestión de la demanda, implementada por medio del cobro de energía horaria o acumulada es un esquema que puede ser útil para momentos de alta demanda o variaciones

significativas en la generación eléctrica; sin embargo, el desarrollo de este tipo de iniciativas enfrenta un reto adicional, la necesidad de realizar un cambio en los dispositivos que se encargan de la medición del consumo de energía (S. Telles, et al 2018). Este proceso busca el cambio del medidor analógico que se encuentra en la entrada de la casa, por un medidor inteligente, con un funcionamiento digital que permite realizar seguimiento del consumo de forma horaria, análisis del flujo de la energía, realizar una gestión de base de datos y una característica que se debe resaltar, la posibilidad de contar con un sistema de comunicación, que facilita la lectura de registros de consumo al permitir realizarla de forma remota (J. Echeverría, et al, 2022). Ya existen diferentes casos alrededor del mundo, en los cuales la digitalización de los sistemas de distribución ha tomado mucha fuerza, como el caso español, específicamente con la empresa Iberdrola, la cual, desde el año 2018 inició con la tarea de cambiar los equipos de medición convencionales por contadores digitales y con la cual, hasta la fecha llevan alrededor de 10,7 millones de equipos instalados (S. Telles, et al, 2018).

Claramente, la inversión para iniciativas como cambio de equipos de medición es considerable, sin embargo, aún, teniendo en cuenta este tipo de retos, Colombia no se ha quedado atrás en la búsqueda de innovación para sus sistemas eléctricos, pues desde el año 2020 existe la normativa que regula la implementación de sistemas de medición avanzada, considerando la necesidad de realizar una reconversión tecnológica en pro de la eficiencia energética (CREG, 2020). Y es que no se trata solamente de un modelo de medición remota, la medición avanzada va más allá de un sistema de comunicación, pues gracias a este tipo de equipos la recolección de información de la señal de tensión y corriente que llegan a una residencia pueden incluirse en una base de datos, que a su vez pueden ser el insumo para análisis de calidad de la potencia; como el caso del modelo de medidor inteligente implementado en la Universidad de Nariño, el cual se conecta a una microrred compuesta por los edificios que conforman el plantel y que cuenta con un modelo de conexión a sistemas SCADA, además de la capacidad que posee de realizar una lectura de 250.000 muestras por segundo, registrando señales de la frecuencia de 2.4 kHz, traducido en un estudio que llega hasta el armónico 46 (A. Arciniegas, et al, 2017). En ese orden de ideas, la replicabilidad de un equipo de medición con tales características es una idea que puede revolucionar la manera de gestionar la demanda eléctrica, además de darle a los operadores de red la capacidad de implementar nuevas medidas de gestión de la demanda.

Las medidas mencionadas como nuevas se deben diferenciar de la medida mencionada anteriormente, pues esta se enmarca en lo conocido como gestión de la demanda indirecta o por precio, en la cual, el proceso de variación de la curva de demanda queda en manos de los consumidores y la libre elección de consumir energía de una forma eficiente o ser indiferentes a las facilidades que los operadores de red presentan (GIZ, 2021). Luego, se encuentran las medidas de gestión de la demanda por incentivo (en Colombia, demanda desconectable voluntaria), en las cuales el operador de red genera una utilidad para aquellos consumidores que demuestran tener la posibilidad de realizar una desconexión en el sistema por periodos de tiempo determinados, ayudando a reducir la carga a la cual se someten los sistemas eléctricos, generalmente durante horas pico de consumo. Esta medida se puede presentar bajo diferentes esquemas, basados en la desconexión de carga voluntaria y diferenciados en el tipo de problema del sistema al que responden, como precios del mercado, necesidad de confiabilidad, pedido de reducción de carga o funcionando como servicios auxiliares (C. Goldman, 2010).

Ahora, aparecen de nuevo los equipos de medición inteligente, pues, para poder aplicar el modelo de gestión de la demanda por desconexión de carga es necesario partir del pago que reciben quienes están dispuestos a ofrecer este servicio, ya que la determinación de la potencia no consumida durante ese rango debe tener un seguimiento remoto y continuo; es decir, esta medida es una más de las que se pueden implementar gracias al uso de las nuevas tecnologías y la innovación de los sistemas actuales (CREG, 2010). Lo anterior, una vez más responde a la necesidad de llevar los sistemas de distribución hacia nuevos niveles tecnológicos, pues, el retraso con respecto a estas tecnologías no solamente representa una disminución en el trabajo que se realiza para mejorar el beneficio social de los consumidores, sino también, una disminución en las acciones realizadas en búsqueda de reducir los niveles de afectación

ambiental, causados por el uso indiscriminado de recursos ambientales para generación (R. Castañeda, 2018). La relación entre estas dos actividades y la solución planteada por la gestión y respuesta de la demanda radica en la respuesta proporcional que tiene la generación eléctrica con respecto al incremento de la demanda, inherente al crecimiento de un país; pero, es justamente el modelo tratado el que busca que la generación no necesite inversiones grandes para responder a nueva demanda y tampoco que se necesiten múltiples plantas respondiendo a un determinado consumo, por el contrario, se necesita que la demanda sea abastecida por medio de un grupo de plantas reducido y con capacidad suficiente, que a su vez conlleva una tarifa reducida para dicha actividad (M. Dávila, et al, 2005).

Todo lo anterior, demuestra la relación entre inversión en tecnología para redes y acciones contra el cambio climático, sin embargo, entre estas acciones existe una bien conocida, la penetración de generación distribuida basada en fuentes de generación renovable, generalmente relacionada con las nuevas facilidades que existen en el mercado para acceder a sistemas de generación fotovoltaicos. Este tipo de generación se relaciona con dos de los temas mencionados, comenzando con la necesidad de una inversión en cambio de medidores, ya que la posibilidad que se les da a los consumidores de generar energía eléctrica para autoconsumo e inyección de residuos conlleva un flujo inverso al del suministro normal, que debe ser medido con equipos bidireccionales tanto para lectura del generador pequeño, como para el operador de red (Diego. Alcócer, et al, 2023). No obstante, la generación distribuida correctamente instalada puede también ser un factor de mejoramiento en la calidad del servicio, principalmente por incrementar el grado de confiabilidad y el perfil de tensión; por esta razón, es importante que por medio de los perfiles de carga que se pueden generar gracias a medidores inteligentes, se realicen planes de fomento de generación distribuida y autoconsumo con localizaciones determinadas, seguidos de estudios para identificación de restricciones en tiempo real (D. Alcócer, et al 2023).

De acuerdo con lo mencionado, existe una relación adicional sobre la generación distribuida y los temas tratados a lo largo de este escrito y en este caso es la capacidad de utilizar dicha energía eléctrica como forma de respuesta ante esquemas voluntarios de desconexión de carga, pues, además de utilizarse como método de autogeneración y entrega de unos pocos excedentes, se puede calificar como una forma estratégica para liberar una porción de la carga por la cual deben responder las centrales de generación convencionales (C. García, 2021). Y, de manera similar a los retos anteriores, la generación distribuida también necesita de un sistema de monitoreo continuo y capacidad de comunicación, para realizar un seguimiento remoto, además de una condición especial y es la capacidad de conexión y desconexión por parte del operador, pues el flujo del sistema puede presentar diferentes condiciones, que incluso lleven a afectar los sistemas de protección y su coordinación, por lo cual, son los sistemas de generación distribuida los que tienen la capacidad de responder ante la necesidad de inyectar potencia o no al sistema, por medio de una correcta gestión realizada por los operadores de red (Ch.Goldman, 2010).

Teniendo en cuenta lo escrito anteriormente, se debe identificar que, dentro de los esquemas mencionados, en búsqueda de mejorar la calidad del sistema eléctrico por medio de la implementación de tecnologías innovadoras, que convierten al consumidor en un actor dentro de la generación de energía eléctrica, los sistemas de distribución junto las empresas comercializadoras se enfrentan a un reto de nivel regulatorio, puesto que ha sido por medio del cálculo de costo del servicio e indicadores como calidad de la energía, que se ha remunerado durante un tiempo la actividad de distribución, partiendo del uso que se realiza de las redes de media y baja tensión, propiedad de diferentes empresas (CREG, 2018). Pero, ahora que el flujo de potencia puede llegar desde el consumidor y es claro que el aporte de diferentes generadores a pequeña escala puede incluir factores armónicos que afectan la calidad del servicio, ¿Qué tan preparada se encuentra Colombia para responder a la conexión de múltiples autogeneradores a pequeña escala? Pues resulta que este es un reto que el país ya se encuentra enfrentando, gracias a la expedición por parte de la Comisión de Regulación de Energía y Gas de resoluciones como la 030 de 2018, que regula las actividades de autogeneración y generación

distribuida, además de la ley que se viene aplicando desde el año 2015, por medio de la cual se regula la integración de energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional (O. Prias, 2020).

Así mismo, es necesario reconocer un reto que de nuevo abarca varios de los temas mencionado anteriormente y es la dificultad que tienen los sistemas de generación distribuida para almacenar energía y poderla inyectar a la red, pues inicialmente, este tipo de generación se encuentra en gran proporción relacionada con la generación fotovoltaica, que por la naturaleza de su fuente presenta intermitencia, de tal magnitud que sería difícil reconocer los patrones de generación y partir de estos, utilizarlas como fuentes de abastecimiento constantes ante una posible contingencia o necesidad de desconexión de carga voluntaria del sistema eléctrico nacional y posterior alimentación por medio de estos sistemas a pequeña escala (J. Guacaneme, et al., 2014). Entonces, los sistemas de generación a pequeña escala necesitan una coordinación entre la capacidad de almacenamiento y la medición inteligente, capaz de reconocer por medio de estos los patrones de producción a lo largo del día, de tal manera que el operador de red tenga pleno conocimiento de la capacidad de inyección que tiene un sistema, entregando de forma remota la información y utilizándola para realizar proyecciones de respuesta a la demanda (CIGEPI, 2016).

Por último, un reto no menos importante es la proyección que desde ya debe tener las redes de distribución para tener la capacidad de abastecer la demanda que generan los sistemas de carga vehicular, que de hecho ya existen en algunas ciudades de Colombia, pero que hacia el futuro pueden representar problemas de demanda muy alta. Este reto se considera de vital estudio, puesto que los vehículos eléctricos necesitan conectarse a una red que responda a su demanda, pero la realidad de las redes de distribución es que no se encuentran diseñadas para este tipo de carga y su robustez puede afectarse cuando los sistemas vehiculares funcionen ya sea en modo de almacenamiento, donde entregan energía y pueden producir sobrecargas o en modo de carga, consumiendo potencia del mismo (G. Gómez, et al, 2021). Todo lo anterior debe enfocarse en el arduo trabajo que deben considerar los operadores de red y los agentes distribuidores de cara a la mayor participación de vehículos eléctricos dentro del parque automotor del país, pues la incursión de este tipo de cargas puede llevar a que un sistema se exponga a un estrés capaz de llevarlo a un nivel de pérdidas mucho mayor con respecto a los valores normales, traducido en la necesidad de hacer una repotenciación de las líneas de media y baja tensión, junto con inversión sobre sistemas de regulación de tensión, que sean capaces de responder ante cambios súbitos en las magnitudes de la red (J. Galarza, et al, 2021).

Todo lo anterior ha sido la recopilación del conjunto que retos que se encuentran afrontando los sistemas de distribución, no solamente desde el punto de vista futuro, sino desde la actualidad, pues, como se mencionó al inicio, la demanda se encuentra en constante crecimiento y no se puede permitir que sea solamente la actividad de generación la que se encargue de responder ante la misma. Es momento de que los consumidores sean considerados como una parte del sistema con mayor relevancia que el valor que se les ha dado como clientes solamente; el consumidor tiene la capacidad de controlar el funcionamiento del sistema a partir del cambio de sus patrones de demanda, tiene la posibilidad además de recibir incentivos por desconectar su carga y adicionalmente puede incursionar en la aplicación de sistemas de generación distribuida, principalmente por medio de sistemas de generación solar fotovoltaica, que en la actualidad se encuentran en fomento por parte de entes estatales y empresas eléctricas. Esto significa que tanto las empresas comercializadoras, como las dueñas de los sistemas de distribución y los mismos clientes necesitan encontrarse en sintonía, de tal manera que se pueda realizar una coordinación, que eleve los estándares de funcionamiento de la red y con este la calidad del servicio de energía prestado.

Finalmente, identificar que los sistemas de distribución, a pesar de encontrarse diseñados para soportar un tipo de carga en específico, haciendo uso de dispositivos no tan tecnológicos, hoy si tienen la capacidad de renovarse, pues con el crecimiento de la demanda, la investigación también lo hace y junto con ella, las soluciones ante cada uno de los problemas que existen en la actualidad. Colombia es un país

que debe partir de su capacidad de replicabilidad, de tal manera que las principales inversiones de cara al futuro deben centrarse en los sistemas de medición inteligente, que trabajen de la mano con análisis de calidad de la energía, los sistemas de generación distribuidos y a pequeña escala basados en fuentes renovables; además, en cuanto a la parte regulatoria y de anticipación contra fallos en el sistema, se pueden realizar estudios que partan de los datos aportados por mediciones inteligentes, para generar respuesta a la demanda y poder realizar planes de gestión muy eficiente, que involucren al consumidor y le den capacidad de acción para poder responder a contingencias, pues en las acciones en conjunto se puede encontrar la respuesta a los retos que se vienen de cara a un futuro con crisis energética y crecimiento exponencial en la demanda.

Referencias

- Alcocey-Ayala, D. R., Pozo Vallejo, Y., Sempértegui, D. F., & Orellana Lafuente, G. (2023). *Caso de estudio: Impacto de la generación distribuida en redes eléctricas de distribución*. Cochabamba: Investigación y desarrollo.
- Arciniegas F., A. F., Imbajoa R., D. E., & Revelo F., J. (2017). Diseño e implementación de un sistema de medición inteligente de la microrred de la Universidad de Nariño. *Scielo*, 15.
- Bragagnolo, S. N., Vaschetti, J. C., Magnago, F., & Gomez-Targarona, J. C. (2020). Gestión de la demanda en redes inteligentes. Perspectiva y control desde el usuario y la distribuidora. *Scielo*, 12.
- Charles, G. (2010). *Coordinantios of Energy Efficiency and Demand Response*. California: California Digital Library.
- CREG. (2014). *Metodología para remunerar la distribución de energía eléctrica*. Bogotá: CREG.
- CREG. (2020). *Estrategias para la implementación de esquemas de señales de precios y cargos horarios a los usuarios finales en el SIN, para ser utilizados en programas de respuesta de la demanda*. Bogotá: CREG.
- CREG No. 015. (29 de enero de 2018). *Comisión de regulación de energía y gas. Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional*. Bogotá, Colombia: CREG.
- CREG No. 063. (27 de abril de 2010). *Comisión de regulación de energía y gas. Por el cual se regula el anillo de seguridad del cargo por confiabilidad denominado demanda desconectable voluntariamente*. Bogotá, Colombia: CREG.
- CREG No. 108. (09 de Julio de 1997). *Comisión de regulación de energía y gas. Por la cual se señalan los criterios generales sobre protección de los derechos de los usuarios de los servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica y gas combustible por red física, en relación con la facturación, comercialización y demas asuntos*. Bogotá, Colombia: CREG.
- CREG No. 119. (21 de diciembre de 2007). *Comisión de regulación de energía y gas. Por el cual se aprueba la fórmula tarifaria general que permite a los Comercializadores Minoristas de electricidad establecer los costos de prestación del servicio a usuarios regulados en el Sistema Interconectado Nacional*. Bogotá, Colombia: CREG
- CREG No. 131. (25 de junio de 2020). *Comisión de regulación de energía y gas. Por la cual se*

establecen las condiciones para la implementación de la infraestructura de medición avanzada del SIN. Bogotá, Colombia: CREG.

Dávila R., M. A., Trujillo R., C. A., & Jaramillo R., A. A. (2022). Revisión de mecanismos de gestión de lado de la demanda para la gestión de energía del hogar. *Revista chilena de ingeniería*, 15.

Echeverría Molina, J. S., & García-Echeverría, J. (2022). Medición avanzada inteligente, retos al consumo responsable del servicio público domiciliario de energía en Colombia. *Scielo*, 17.

Galarza Linares, J., Condezo-Hurtado, D., Saenz-Loaiza, B., & Huarac-Rojas, D. (2021). Evaluación de la red de distribución: *Conexión del vehículo eléctrico híbrido enchufable*. Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

García Montoya, C. A., López-Tezama, J. M., & Gómez San Roman, T. (2021). Estimación del costo de distribución de la energía eléctrica en Colombia considerando generación distribuida fotovoltaica. *Scielo*, 10.

GIZ, Universidad Federico Santa María. (2021). *Impacto de esquemas tarifarios en perfiles horarios de demanda asociada a vehículos eléctricos particulares en redes de distribución chilena*. Santiago de Chile: Internationale Zusammenarbeit.

Gómez-Ramírez, G. A., Meza, C., & Morales-Hernandez, S. (2021). *Oportunidades y desafíos para la integración de almacenamiento electroquímico en las redes eléctricas centroamericanas*. Costa Rica: Tecnología en Marcha.

Guacaneme, J. A., Velasco, D., & Trujillo, C. M. (2013). Revisión de las características de sistemas de almacenamiento de energía para aplicaciones en microrredes. *Scielo*, 14.

Liliana, C. H. (2018). Estrategia para la inclusión de la respuesta de la demanda en mercados de energía eléctrica similares al colombiano. *Universidad de La Salle*, 22.

Silva Rubio, L. A. (2016). *Medición y gestión inteligente de consumo eléctrico*. Industria y Comercio Superintendencia.

Tellez Gutierrez, S. M., Rosero García, J., & Cespedes Gandarillas, R. (2018). Sistema de medición avanzada en Colombia: beneficios, retos y oportunidades. *Scielo*, 11



Fotografía tomada a Cañón del Guaitara , Ancuya - Nariño