

Comité de Estudios C5 - Mercados de electricidad y regulación**ANÁLISIS DE PODER DE MERCADO EN EL MERCADO ELÉCTRICO COLOMBIANO
MEDIANTE EL ÍNDICE DE OFERTA RESIDUAL.**

H.A. GOMEZ*
XM
Colombia
hgomez@xm.com.co

C.M. GOMEZ
XM
Colombia
cgomez@xm.com.co

Resumen –Este estudio analiza el poder de mercado en el mercado eléctrico colombiano mediante el uso del Índice de Oferta Residual (IOR). El mercado eléctrico en Colombia, regulado por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), ha sido objeto de diversas reformas para promover la competencia y la eficiencia. Sin embargo, la concentración de la oferta y la capacidad de ciertos agentes para influir en los precios siguen siendo desafíos importantes. Utilizando datos de la Bolsa de Energía proporcionados por XM, este estudio calcula el IOR para diferentes periodos y evalúa la capacidad de los agentes para satisfacer la demanda residual del mercado. Los resultados indican que ciertos agentes tienen una influencia significativa en los precios, lo que sugiere la necesidad de medidas regulatorias adicionales para mitigar el poder de mercado. Este análisis proporciona una herramienta valiosa para detectar prácticas anticompetitivas y garantizar una competencia justa en el mercado eléctrico colombiano.

Palabras clave: Poder de mercado, Bolsa de Energía, Índice de Oferta Residual, mercado eléctrico colombiano, competencia, regulación.

1 INTRODUCCIÓN

El mercado eléctrico colombiano ha experimentado diversas transformaciones en las últimas décadas, con el objetivo de promover la competencia y la eficiencia. La liberalización del mercado y la creación de la Bolsa de Energía han sido pasos cruciales en este proceso. Sin embargo, la concentración de la oferta y la capacidad de ciertos agentes para influir en los precios plantean desafíos significativos para la competencia efectiva [1].

El poder de mercado se refiere a la capacidad de un agente para influir en los precios del mercado, y en el contexto del mercado eléctrico, esto puede ocurrir cuando un generador controla una parte significativa de la capacidad de generación. La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) ha implementado diversas medidas para mitigar estos riesgos [2], pero la evaluación continua del poder de mercado sigue siendo esencial para garantizar una competencia justa y eficiente.

El Índice de Oferta Residual (IOR) es una herramienta que permite evaluar la capacidad de un agente para satisfacer la demanda residual del mercado, identificando así su potencial para ejercer poder de mercado. Este índice ha sido utilizado en diversos estudios para detectar prácticas anticompetitivas y evaluar la efectividad de las regulaciones actuales [3].

En el contexto colombiano, la Bolsa de Energía juega un papel fundamental en la determinación de los precios de la electricidad. Este mercado, operado por XM, permite la compra y venta de energía a corto plazo, y los precios se determinan en función de la oferta y la demanda. Sin embargo, la concentración de la oferta en manos de unos pocos generadores puede llevar a situaciones donde estos agentes tienen la

* Calle 12 sur N° 18 -168. Medellín - Colombia

capacidad de influir significativamente en los precios, afectando la competencia y la eficiencia del mercado [4].

La regulación del mercado eléctrico en Colombia ha buscado promover la competencia y evitar abusos de poder de mercado. La CREG ha implementado diversas medidas, como la creación del Cargo por Confiabilidad, que busca asegurar la disponibilidad de energía en momentos de alta demanda o escasez [5]. Además, se han establecido mecanismos de monitoreo y control para detectar y prevenir prácticas anticompetitivas. A pesar de estos esfuerzos, el poder de mercado sigue siendo una preocupación en el mercado eléctrico colombiano. Estudios previos han mostrado que ciertos generadores tienen la capacidad de influir en los precios, especialmente en periodos de alta demanda o cuando hay restricciones en la oferta. Esto puede llevar a precios más altos para los consumidores y a una menor eficiencia en el mercado.

El objetivo de este artículo es analizar el poder de mercado en el mercado eléctrico colombiano utilizando el Índice de Oferta Residual. Este índice permite evaluar la capacidad de un agente para satisfacer la demanda residual del mercado, identificando así su potencial para ejercer poder de mercado. Utilizando datos de la Bolsa de Energía proporcionados por XM, se calculará el IOR para diferentes periodos y se evaluará la capacidad de los agentes para influir en los precios.

Los resultados de este estudio proporcionarán una base para recomendaciones de políticas regulatorias que puedan mejorar la competencia y la eficiencia en el mercado eléctrico colombiano. Además, se discutirán las implicaciones de estos hallazgos para la política regulatoria y se propondrán recomendaciones para mejorar la competencia en el mercado eléctrico. En resumen, este artículo busca contribuir al entendimiento del poder de mercado en el mercado eléctrico colombiano. La aplicación del Índice de Oferta Residual permitirá identificar a los agentes con capacidad de influir en los precios y evaluar la efectividad de las medidas regulatorias implementadas hasta la fecha. Los hallazgos de este estudio subrayan la importancia de un monitoreo continuo y de políticas regulatorias robustas para mantener la integridad del mercado y garantizar una competencia justa y eficiente.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Poder de mercado en mercados eléctricos.

El poder de mercado se define como la capacidad de un agente económico para influir significativamente en los precios de un mercado, ya sea directamente (a través de decisiones estratégicas) o indirectamente (por la estructura del mercado). En mercados eléctricos, este fenómeno es especialmente relevante debido a características como la inelasticidad de la demanda, la necesidad de balancear oferta y demanda en tiempo real, y las restricciones de transporte.

En el contexto eléctrico, el poder de mercado puede tener efectos adversos como el aumento de los precios de energía, la reducción de la eficiencia económica y la limitación del acceso a nuevos participantes. Según Borenstein, este poder tiende a aumentar en periodos de alta demanda o cuando las condiciones del sistema restringen la competencia efectiva entre generadores [6]. En Colombia, donde el sistema eléctrico tiene una alta participación de generación hidroeléctrica, eventos climáticos como el fenómeno de El Niño pueden amplificar las oportunidades para que ciertos agentes ejerzan poder de mercado [7].

2.2 Indicadores tradicionales del poder de mercado.

Existen múltiples métricas utilizadas para evaluar el poder de mercado en mercados eléctricos, algunas de las cuales se presentan a continuación:

2.2.1 Índice Herfindahl-Hirschman (HHI).

El HHI mide la concentración del mercado sumando los cuadrados de las participaciones de mercado de todos los agentes. Un HHI alto indica un mercado altamente concentrado. Sin embargo, este índice tiene limitaciones para mercados eléctricos, donde las restricciones temporales o espaciales pueden ser más determinantes que la estructura de mercado general [8].

2.2.2 Margen Lerner.

Este indicador evalúa la capacidad de un agente para mantener precios por encima del costo marginal, lo que refleja la existencia de poder de mercado. Sin embargo, su aplicación práctica en mercados eléctricos enfrenta desafíos debido a la variabilidad de los costos y las condiciones operativas.

2.2.3 Índices basados en la estructura del mercado.

Los índices de dominancia unilateral y otros modelos de simulación estratégica también se utilizan para evaluar cómo las decisiones de un agente afectan el equilibrio del mercado. Estos enfoques requieren un conocimiento detallado del comportamiento de los agentes y de las características técnicas del sistema [9].

2.3 El índice de oferta residual (IOR)

El IOR se ha convertido en una herramienta clave para medir el poder de mercado en mercados eléctricos. Este índice, introducido por Sheffrin [10], analiza si un agente individual es necesario para satisfacer la demanda del sistema en un periodo específico.

La fórmula básica del IOR es:

$$IOR_t = \frac{S_t - Q_{i,t}}{D_t}$$

Donde:

- S_t : Capacidad total ofertada del sistema.
- $Q_{i,t}$: Capacidad ofertada por el agente.
- D_t : Demanda total del sistema en el tiempo.

Cuando, el $IOR < 1$, agente es indispensable para satisfacer la demanda, lo que implica una posición de poder de mercado. Este índice tiene ventajas frente a otras métricas tradicionales, ya que incorpora dinámicas temporales y considera restricciones de generación y transmisión específicas.

Estudios internacionales han destacado la utilidad del IOR para identificar episodios de abuso de poder de mercado en mercados como los de California y Texas. En Colombia, su aplicación es especialmente relevante debido a la intermitencia de los recursos hidroeléctricos y las condiciones climáticas extremas que afectan la disponibilidad de generación [11].

2.4 Contexto del mercado eléctrico colombiano.

El mercado eléctrico colombiano, regulado por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), opera bajo un esquema de despacho centralizado. En este mercado, los generadores presentan ofertas diarias de precio y cantidad, y un operador independiente (XM S.A. E.S.P.) coordina el despacho para minimizar costos. Sin embargo, características del sistema colombiano lo hacen susceptible a episodios de poder de mercado, tales como:

- **Alta concentración en generación:** tres empresas de generación representan más del 50% de la capacidad instalada del país.
- **Dependencia hidroeléctrica:** Más del 60% de la capacidad instalada proviene de generación hidroeléctrica, lo que crea vulnerabilidades durante periodos de sequía.
- **Restricciones de transmisión:** En ciertas áreas del país, las limitaciones de infraestructura restringen la competencia efectiva entre agentes.

Según la CREG, el diseño del mercado y los mecanismos de mitigación de poder de mercado (p. ej., el esquema de cargos por confiabilidad) han sido insuficientes para evitar comportamientos estratégicos en períodos críticos, como los eventos de racionamiento de 1992-1993 y 2015-2016 [12].

2.5 Regulación y mecanismos de mitigación

La regulación colombiana ha intentado mitigar el poder de mercado a través de diversas medidas, incluyendo:

- **Cargo por confiabilidad:** Un mecanismo diseñado para garantizar la disponibilidad de generación en períodos de alta demanda o restricciones.
- **Monitoreo de precios:** La CREG supervisa las ofertas de los generadores para identificar comportamientos anómalos.
- **Incentivos para la diversificación:** Promover fuentes de energía renovable no convencional para reducir la dependencia de grandes generadores hidroeléctricos.

A pesar de estos esfuerzos, el análisis dinámico del mercado mediante herramientas como el IOR sigue siendo una asignatura pendiente. Este índice podría complementar las estrategias regulatorias existentes, proporcionando una visión más precisa del comportamiento competitivo en el mercado eléctrico colombiano.

3 ESTADO DEL ARTE

El análisis del poder de mercado en mercados eléctricos ha sido objeto de investigación constante debido a las particularidades de este sector, como la necesidad de equilibrio instantáneo entre oferta y demanda, las restricciones de transmisión y la concentración inherente de ciertos sistemas. Este apartado revisa los principales estudios internacionales y nacionales, así como las recientes iniciativas regulatorias en Colombia para mitigar el ejercicio del poder de mercado.

3.1 Estudios internacionales sobre poder de mercado en mercados eléctricos.

En el ámbito internacional, las investigaciones sobre el poder de mercado han destacado la importancia de identificar y mitigar comportamientos estratégicos que distorsionan la competencia. Entre los estudios más relevantes se encuentran:

- Borenstein et al. (2000) analizaron el mercado eléctrico de California y documentaron cómo ciertas condiciones, como la insuficiencia de capacidad de transmisión, pueden aumentar el poder de mercado en nodos específicos. Su investigación introdujo un marco metodológico para identificar abusos de poder de mercado mediante indicadores como el índice Lerner y el IOR [13].
- Harvey y Hogan (2000) aplicaron simulaciones de mercado para identificar dinámicas de poder de mercado en mercados eléctricos desregulados. Su estudio resaltó la utilidad de indicadores dinámicos como el IOR para capturar fluctuaciones temporales del poder de mercado, especialmente en períodos de alta demanda [14].
- Joskow y Kahn (2002) evaluaron las distorsiones de precios en mercados mayoristas, concluyendo que la presencia de poder de mercado se incrementa durante restricciones operativas o climáticas. Su enfoque subrayó la importancia de ajustar los modelos tradicionales a las características particulares de los mercados eléctricos [15].

Estos estudios han sido fundamentales para el diseño de políticas regulatorias en mercados de América del Norte y Europa, donde herramientas como el IOR y los programas de mitigación de precios son utilizados como estándares de monitoreo.

3.2 Estudios sobre poder de mercado en América Latina y Colombia

En América Latina, mercados eléctricos como los de Chile, Brasil y Colombia han recibido atención debido a sus altas concentraciones de generación y dependencia de recursos hidroeléctricos. Entre los estudios destacados están:

- Rudnick y Montero (2002) exploraron los impactos de la desregulación en mercados eléctricos latinoamericanos, resaltando cómo la estructura del mercado y las condiciones hidroeléctricas pueden favorecer episodios de poder de mercado. Su análisis en Chile evidenció que, durante sequías prolongadas, los generadores hidroeléctricos dominantes ejercían mayor poder de mercado debido a la escasez de agua [16].

- Zapata et al. (2019) analizaron el mercado eléctrico colombiano durante eventos climáticos extremos como el fenómeno de El Niño, destacando cómo las condiciones de escasez amplificaron el poder de mercado de generadores hidroeléctricos. Este estudio subrayó la importancia de mecanismos regulatorios como los cargos por confiabilidad para mitigar dichos efectos [17].

En Colombia, el poder de mercado se ha analizado principalmente en el contexto de la Bolsa de Energía. Investigaciones recientes, como las de López et al. (2021), utilizan el índice Herfindahl-Hirschman (HHI) y el IOR para evaluar la concentración y dependencia del mercado sobre agentes específicos, encontrando que grandes generadores son determinantes en períodos de alta demanda [18].

En el 2010 la CREG realizó un estudio de medidas para promover la competencia en el mercado colombiano, en esta propuesta se calculaba el IOR pero a la disponibilidad del agente se descuenta el neto de las compras y ventas en contratos, además la condición de pivotalidad no se considera cuando la desigualdad es menor a 1 sino a 1.19, de la siguiente manera [19]:

$$IOR_{agente,hora} = \frac{X_{hora} - (Y_{agente,hora} - C_{agente,hora})}{DS_{hora}} < 1 + \Delta X$$

Donde

- X : Disponibilidad total del Sistema.
- Y : Disponibilidad del agente.
- C : Contratos del agente.
- DS : Demanda del sistema.
- $1 + \Delta X$: Limite al IOR que considera la demanda objetivo y las estrategias conjuntas.
- ΔX : Error del pronóstico de la demanda (2%), demanda internacional (7,4%) y participación de la disponibilidad de la planta con mayor capacidad en la disponibilidad total (9,98%).

En este estudio se propone que la evaluación se realice al momento de recepción de las ofertas y se haga una intervención de las ofertas si se presenta una variación significativa en la oferta con respecto a la oferta en el día anterior.

3.3 Regulación reciente en Colombia para mitigar el poder de mercado

En respuesta a los riesgos de poder de mercado, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) ha implementado diversas normativas en los últimos años. Algunas de las más relevantes incluyen:

- Resolución CREG 024 de 2015: Introdujo mecanismos para limitar la presentación de ofertas estratégicas en la Bolsa de Energía. Los generadores deben justificar ofertas que se desvíen significativamente de los costos marginales, buscando prevenir comportamientos especulativos.
- Resolución CREG 119 de 2021: Estableció criterios para la vigilancia y control del mercado eléctrico colombiano, fortaleciendo las capacidades del regulador para identificar abusos de poder de mercado. Esta resolución incluye el monitoreo continuo de indicadores como el IOR y el HHI [20].
- Cargos por confiabilidad: Este mecanismo, establecido desde 2006 y actualizado en varias resoluciones posteriores, asegura la disponibilidad de capacidad de generación en períodos críticos. Sin embargo, se ha señalado que en ciertas condiciones favorece a grandes agentes, quienes concentran los pagos de confiabilidad [21].
- Resolución CREG 101_018 de 2023: El objetivo de esta regulación es definir un esquema de vigilancia que permita detectar el posible ejercicio de poder de mercado en las ofertas de precio presentadas por agentes generadores en la bolsa de energía, para efectos de control [22]. En esta se hace una evaluación del IOR posterior a la operación real y en caso de identificarse un agente pivotal, este deberá justificar su oferta ante los organismos de control del estado colombiano. Se estableció el siguiente análisis de pivotalidad:

$$IOR_{j,h} = \frac{\sum_{i \neq j}^n OE_{i,h}}{DE_h}$$

Donde:

- j : Agente j
- i : Agente i diferente al agente j
- h : Período horario h del día d
- $IOR_{j,h}$: Índice de oferta residual del agente j para el período horario h
- $OE_{i,h}$: Disponibilidad declarada para la bolsa de energía para el período horario h del día d del agente i , del conjunto de recursos en situación de control por el agente i .
- DE_h : Demanda considerada para el despacho económico del periodo horario h del día d
- n : Número total de agentes que declararon disponibilidad para la bolsa de energía para el período horario h del día d .

Si el agente j tiene un índice de oferta residual de energía para el período horario h del día d menor que 1, se considera pivotal.

Además, se han realizado esfuerzos para diversificar la matriz energética mediante incentivos a las energías renovables no convencionales, promovidos por la Ley 1715 de 2014. Este marco busca reducir la dependencia de grandes generadores hidroeléctricos, quienes históricamente han ejercido poder de mercado durante eventos climáticos extremos.

3.4 Desafíos actuales y oportunidades regulatorias

Aunque las normativas recientes han mejorado el monitoreo y mitigación del poder de mercado, persisten desafíos importantes:

- Efectividad del IOR en el contexto colombiano: Aunque se ha comenzado a implementar el IOR como herramienta de monitoreo, su uso operativo sigue siendo limitado. La capacidad del índice para capturar dinámicas específicas de la matriz hidroeléctrica colombiana requiere una calibración adecuada.
- Transparencia en las ofertas de los generadores: A pesar de los controles establecidos, las ofertas estratégicas en períodos de alta demanda siguen siendo un tema de preocupación.
- Incentivos para la inversión en transmisión: Las restricciones en la red de transmisión exacerban el poder de mercado en ciertas regiones, especialmente en áreas aisladas donde hay pocos generadores.

El desarrollo de un marco regulatorio más robusto que integre herramientas dinámicas como el IOR y promueva la entrada de nuevos agentes resulta esencial para garantizar la competencia en el mercado eléctrico colombiano.

4 ANÁLISIS DE IOR PARA EL CASO COLOMBIANO

Se toma como referencia el día 6 de noviembre de 2024 de manera aleatoria y se realiza el cálculo del IOR utilizando información tomada del administrador y operador del mercado eléctrico Colombiano (XM). EL cálculo se realiza de dos maneras diferentes: i) considerando el efecto del neto de los contratos de las empresas de generación, tal como se propuso el estudio de la CREG en el año 2010 (Figura 1) y ii) aplicando la formula actual establecida en la Resolución CREG 101_018 de 2023 (Figura 2). Para ambos casos se hace el análisis de pivotilidad con los limites de referencia de 1 y 1.19 y se obtienen los resultados de las siguientes la Figura 1 y Figura 2:

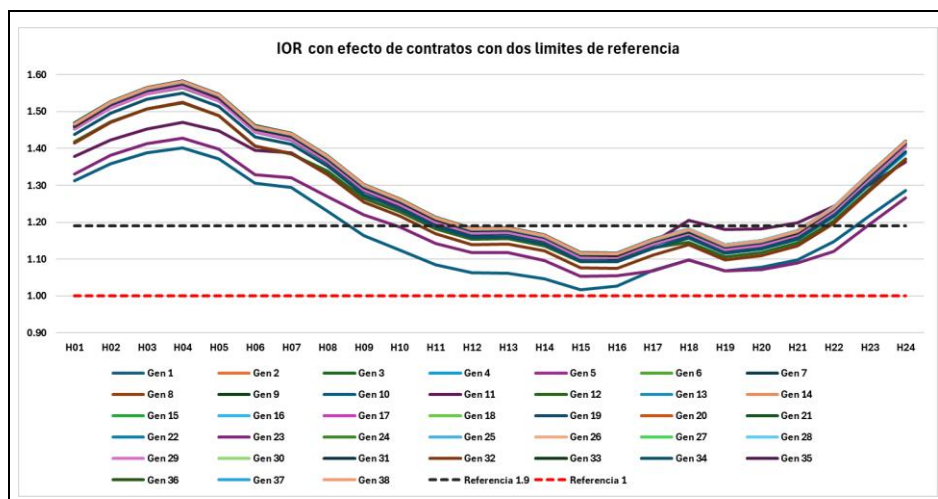


Figura 1. IOR con efecto de contratos para el 06 de Nov de 2024

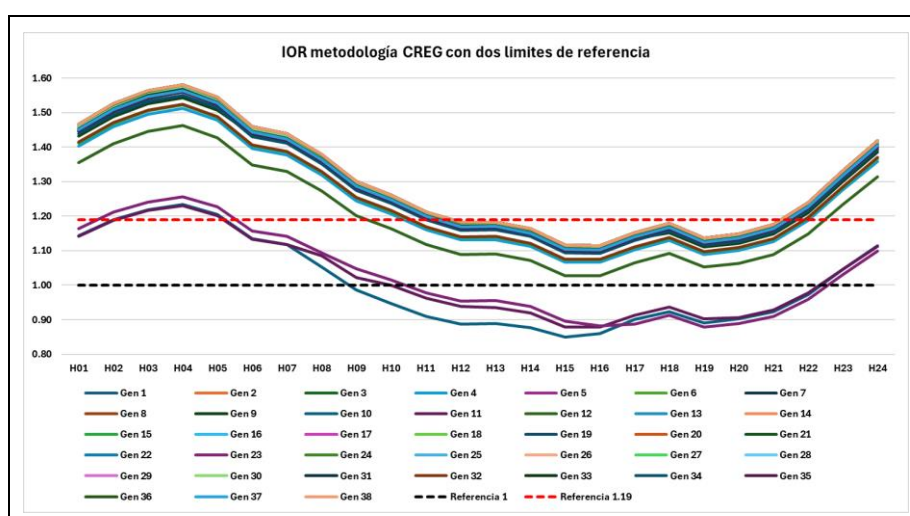


Figura 2. IOR metodología actual de la CREG para el 06 de Nov de 2024

De la Figura 1 y Figura 2 se observa que entre la hora 15 y la hora 16 se presenta menor margen entre la demanda del sistema y la disponibilidad declarada de los generadores, permitiendo que sean periodos donde exista riesgo de ejercicio de poder de mercado. También se observa que el efecto de los contratos en el calculo de IOR reduce la posibilidad de que exista un agente pivotal y se minimice el riesgo de que se presente un ejercicio de poder de mercado, en ese orden de ideas el regulador podría utilizar esta información para proponer nuevas reglas donde incentive a los generadores a que contraten más la energía.

El cálculo del IOR con el efecto de los contratos de la Figura 1 muestra que ningún agente es pivotal si se toma como referencia el valor inferior de 1, pero si se toma como referencia los valores inferiores a 1.19 todos los agentes serían pivotaes y no se muestra una señal clara de ejercicio de poder de mercado. Posiblemente se deba a que este nivel de referencia fue calculado utilizando una regresión lineal con información del año 2010; por lo que sería necesario actualizar el cálculo con datos recientes. Este efecto se corrobora con el calculo del IOR de la Figura 2, en donde también se aprecia que todos los agentes tienen condición de pivotalidad utilizando el nivel de 1.19. Sin embargo, para el nivel de referencia de valores inferiores a 1, si se evidencia que hay tres empresas de generación (Gen 10, Gen 11 y Gen 23) que tienen condición de pivotalidad. Esas tres empresas corresponden a las de mayor capacidad instalada en el país y hace razonable el cálculo del índice.

Si bien la metodología del IOR implementada actualmente en el mercado colombiano muestra una señal más clara de las empresas que podrían ejercer acciones de poder de mercado, no se puede descartar la importancia del efecto de los contratos en el análisis del IOR. De alguna manera, los contratos obligan a que

las empresas de generación busquen tener siempre mayor disponibilidad y salir despachadas para atender los mismos. Una posible recomendación para el regulador es volver a revisar el estudio del 2010 pero con niveles de referencia actualizados a la fecha.

Para los tres generadores con mayor capacidad del país se hace nuevamente el cálculo del IOR para todo el mes de noviembre de 2024 utilizando la metodología implementada actualmente en el mercado colombiano obteniendo los resultados de la Figura 3

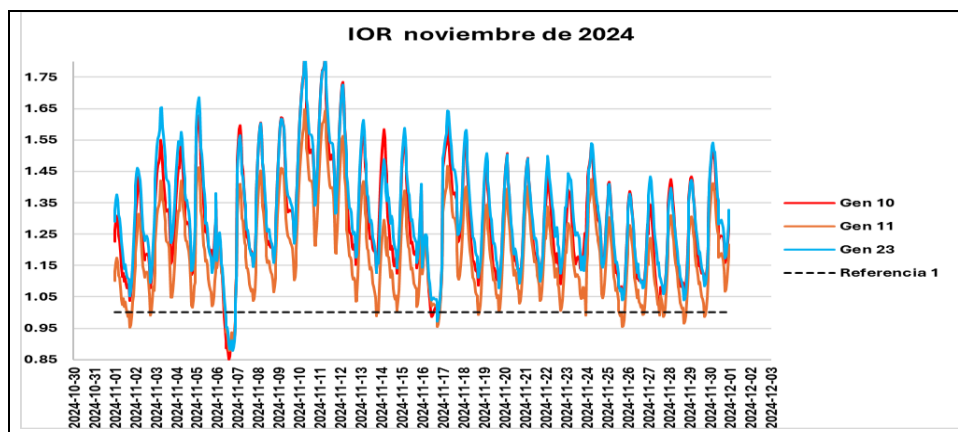


Figura 3. IOR del mes de noviembre de 2024 de los generadores con mayor capacidad instalada en Colombia.

De la Figura 3 se observa que Gen 11 es la empresa que mayor numero de veces se encuentra bajo condición de pivotalidad, mientras que Gen 10 y Gen 23 solo en algunos días del mes de noviembre. Se resalta que Gen 11 corresponde a la empresa que tiene mayor capacidad instalada del país. Si bien el regulador de Colombia no establece normas particulares para las empresas de generación, con esta información podría establecer normas generales asociadas a la capacidad de generación y la diversificación de la matriz energética sin comprometer la expansión del parque de generación y la atención de la demanda. No obstante, el IOR permite hacer un monitoreo del comportamiento de las ofertas de las empresas cuando se encuentran bajo estas condiciones y tomar las respectivas acciones preventivas.

En la TABLA I se marcan las horas en las cuales las tres empresas de generación mencionadas presentan condición de pivotalidad, adicionalmente se indica cual empresa estableció el precio de bolsa en el mercado colombiano. Se observa que estas empresas suelen establecer el precio de la bolsa con algunas de sus plantas especialmente cuando el IOR es mucho menor a 1, corroborando la importancia de la señal de mercado que ofrece este índice. La indispensabilidad de alguna de las plantas de estos generadores bajo condición de pivotalidad, les otorga el beneficio de poder poner cualquier precio de la energía en la bolsa con alguna de sus ofertas. Se vuelve relevante el comportamiento de las ofertas bajo estas condiciones, y es por esto por lo que la normatividad emitida por el regulador del cálculo del IOR está acompañada con un análisis de las ofertas.

En la Figura 4 se muestra los precios de oferta de las plantas de la empresa Gen 11 que marginaron durante el mes de noviembre. El círculo rojo corresponde al día que la oferta de cada planta estableció el precio de bolsa cuando Gen 11 se encontraba en condición de pivotalidad, y se observa que los días previos, el precio ofertado fue mucho menor, lo cual puede ser cuestionado por los organismos de control, teniendo en cuenta que son plantas hidráulicas y los grandes embalses no cambian sus niveles tan drásticamente de un día a otro como para que se presenten ese tipo de variaciones.

Para el día 06 de noviembre la planta Plt1 ofertó un precio de 668.6 USD/MWh y el día previo había ofertado 119.9 USD/MWh, lo que equivale a un incremento de la oferta de más del 400%. Para el día 28 de noviembre la planta Plt2 ofertó un precio de 228.6 USD/MWh y el día previo había ofertado 24.5 USD/MWh, lo que equivale a un incremento de la oferta de más del 800%. Para el día 29 de noviembre la planta Plt9 ofertó un precio de 192.4 USD/MWh y el día previo había ofertado 24.1 USD/MWh, lo que equivale a un incremento de la oferta de más del 600%.

A si pues, se puede demostrar que hay tendencia a que las empresas de generación incrementen sus ofertas cuando se encuentran bajo condición de pivotalidad y es necesario que los organismos de control y el

regulador establezcan controles que garanticen que los incrementos están relacionados con temas justificables. La actual normatividad colombiana solicita a las empresas aclaraciones sobre estas ofertas, sin embargo, la metodología que había propuesto el regulador en el año 2010 actuaba de manera preventiva e intervenía inmediatamente los precios de los oferentes. Independientemente de los motivos del regulador por la cual optó por una metodología o la otra, se resalta que es un gran avance para el mercado contar con este tipo de controles que protegen al consumidor.

TABLA I. IOR VS EMPRESAS QUE ESTABLECIERON EL PRECIO DE BOLSA.

FECHA	IOR Gen 10	IOR Gen 11	IOR Gen 23	Precio Bolsa USD/MWh	Generador que puso el Precio de Bolsa
2024-11-01 18:00	1.04	0.95	1.05	614.79	Gen 10
2024-11-01 19:00	1.06	0.96	1.07	614.79	Gen 10
2024-11-06 11:00	0.89	0.94	0.95	614.79	Gen 10
2024-11-06 12:00	0.89	0.93	0.95	614.79	Gen 10
2024-11-06 13:00	0.88	0.92	0.94	614.91	Gen 23
2024-11-06 14:00	0.85	0.88	0.90	668.66	Gen 11
2024-11-06 15:00	0.86	0.88	0.88	668.66	Gen 11
2024-11-06 16:00	0.90	0.91	0.89	668.66	Gen 11
2024-11-06 17:00	0.92	0.94	0.91	668.66	Gen 11
2024-11-06 18:00	0.89	0.90	0.88	668.66	Gen 11
2024-11-06 19:00	0.90	0.91	0.89	668.66	Gen 11
2024-11-06 20:00	0.92	0.93	0.91	614.79	Gen 10
2024-11-06 21:00	0.97	0.98	0.96	362.41	Gen 23
2024-11-13 18:00	1.13	0.99	1.13	437.16	Gen 23
2024-11-13 19:00	1.14	0.99	1.14	434.91	Gen 23
2024-11-16 18:00	0.96	0.95	0.97	262.41	Gen 10
2024-11-16 19:00	0.98	0.96	0.99	262.41	Gen 10
2024-11-16 20:00	1.00	0.99	1.01	222.22	Gen 10
2024-11-28 18:00	1.06	0.97	1.04	229.91	Gen 23
2024-11-28 19:00	1.06	0.97	1.04	229.91	Gen 11
2024-11-28 20:00	1.09	0.99	1.07	228.66	Gen 11
2024-11-29 18:00	1.09	0.99	1.08	188.66	Gen 10
2024-11-29 19:00	1.10	0.99	1.09	188.66	Gen 11

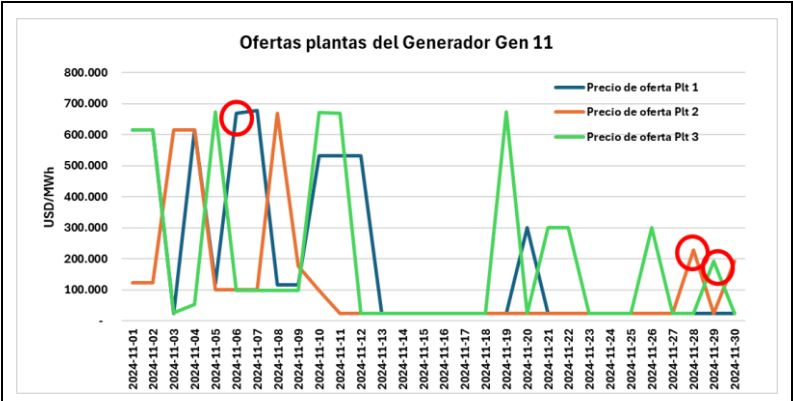


Figura 4. Precios de oferta del Gen 11

5 CONCLUSIONES

La implementación del Índice de Oferta Residual (IOR) como indicador para monitorear y mitigar el poder de mercado en el sector eléctrico colombiano representa un avance significativo en la protección de la competencia. Este mecanismo ha permitido identificar condiciones de pivotalidad de los agentes, facilitando un control más efectivo de las prácticas anticompetitivas y garantizando una operación más transparente del mercado.

Las normativas desarrolladas por la CREG como la Resolución CREG 101_018 de 2023, evidencian el compromiso del regulador en la creación de un entorno competitivo en el mercado eléctrico. Estas regulaciones no solo promueven la eficiencia económica, sino que también garantizan que las ofertas de los generadores sean consistentes con condiciones técnicas y operativas, minimizando riesgos de abusos de poder de mercado.

Los resultados obtenidos resaltan la necesidad de revisar y actualizar constantemente las referencias empleadas en el cálculo del IOR, como se sugirió en el estudio de 2010. Integrar datos actuales y robustecer

las metodologías contribuirá a una regulación más eficaz y preventiva, protegiendo tanto a los consumidores como a los agentes participantes en el mercado.

Los hallazgos del estudio destacan la importancia de continuar promoviendo la diversificación de la matriz energética colombiana. Incentivar la entrada de nuevos agentes y tecnologías no convencionales permitirá reducir la concentración en la generación, disminuyendo el potencial de poder de mercado de grandes agentes y mejorando la resiliencia del sistema eléctrico ante eventos climáticos extremos.

Se evidenció la importancia de incentivar a las grandes empresas de generación a que gran parte de su capacidad instalada la tengan comprometida en contratos de largo plazo, esto ayuda a garantizar la demanda a un precio eficiente y al mismo tiempo a prevenir la posibilidad de incremento en las ofertas por condición de pivotalidad.

La implementación de controles dinámicos como el IOR y el análisis de ofertas muestra la capacidad del regulador para adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado. Este enfoque no solo fortalece la competitividad del sector, sino que refuerza la confianza de los participantes en la equidad y transparencia del mercado eléctrico colombiano.

6 REFERENCIAS

- [1] A. Riascos, J. Chitiva, C. Salazar, “Detección de anomalías y poder de mercado en el sector eléctrico colombiano”. Borradores de Economía, No.1217, Sept 2011
- [2]. Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), “Propuesta de mitigación para los precios de oferta en bolsa (comentarios Res. CREG 701 025 de 2022). DOCUMENTO CREG- 901 013, Jun 2023
- [3] J. A. Botero, J. J. García, L. G. Vélez, “Mecanismos utilizados para monitorear el poder de mercado en mercados eléctricos: Reflexiones para Colombia”. Cuadernos de Economía, 32(60), 123-145. 2013
- [4] A. Mejía, “Así funciona la bolsa de energía en Colombia”. Valora Analitik. 2023
- [5] F. Barrera, “Revisión institucional del mercado de energía mayorista de Colombia: Un Informe para el Banco Interamericano de desarrollo”. Frontier Economics, May 2017.
- [6] S. Borenstein, J. Bushnell, F. Wolak, “*Measuring Market Inefficiencies in California’s Restructured Wholesale Electricity Market.*”. *American Economic Review*, 1999
- [7] [12] Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), “Informe de monitoreo del mercado eléctrico colombiano”. Bogotá, Colombia, 2019
- [8]. P. Joskow, E. Kahn, “*A Quantitative Analysis of Pricing Behavior in California’s Wholesale Electricity Market During Summer 2000.*” *The Energy Journal*, 2002.
- [9]. S. Stoft, “*Power System Economics: Designing Markets for Electricity*”. Wiley-IEEE Press, 2002
- [10]. Sheffrin, A. (2002). “Critical Actions for Mitigating Market Power in Deregulated Electricity Markets.” *Utilities Policy*.
- [11]. Harvey, S. M., & Hogan, W. W. (2000). “Market Power and Market Simulations.” Harvard Electricity Policy Group.
- [13] S. Borenstein, J. Bushnell, F. Wolak, “Diagnosing Market Power in California’s Restructured Wholesale Electricity Market.” *American Economic Review*. 2000
- [14] S. M. Harvey, W. Hogan, “Market Power and Market Simulations” Harvard Electricity Policy Group. Jul 2002
- [15] P. Joskow, E. Kahn, “A Quantitative Analysis of Pricing Behavior in California’s Wholesale Electricity Market During Summer 2000.” *The Energy Journal*. Jan 2002
- [16] H. Rudnick, J. P. Montero, “Second Generation Reforms in Latin America and the Impact on Electricity Markets.” *Energy Policy*. 2002
- [17] S. Zapata, J. Martínez, L. Hernández, “Impacto de eventos climáticos en el mercado eléctrico colombiano.” *Revista de Energía y Regulación*. 2019
- [18] J. López, A. Hernández, M. Pérez, “Análisis de poder de mercado en el sector eléctrico colombiano mediante indicadores de concentración.” *Revista Colombiana de Energía*. 2021
- [19] Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG. “Medidas para la promoción de la competencia en el mercado mayorista de electricidad”. Bogotá. Oct 2010
- [20] Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). “Resolución CREG 119 de 2021”. Bogotá, Colombia. 2021
- [21] Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). “Informe anual de monitoreo del mercado eléctrico”. Bogotá, Colombia. 2022
- [22] Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). “Resolución CREG 101_018 de 2023”. Bogotá, Colombia. 2023.